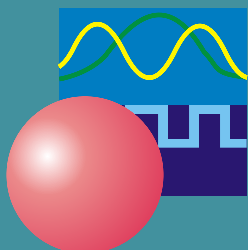
Praktična

ELEKTRONIKA 9

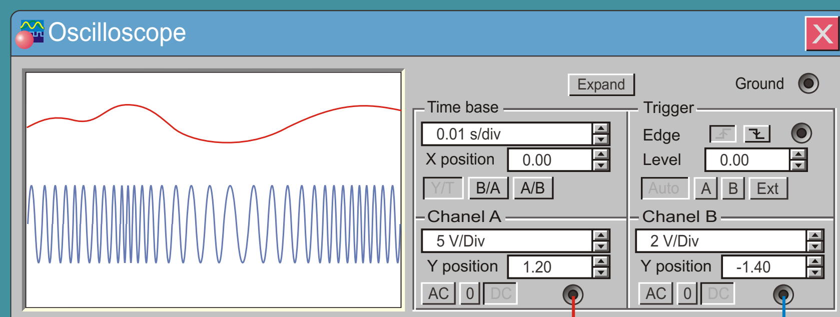


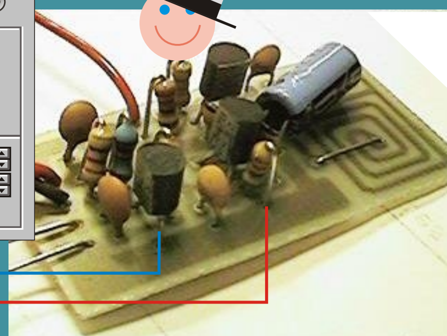
Filipović D. Miomir

Electronics Workbench

radni sto za elektroniku

Od ideje do električne šeme elektronskog uređaja





* analogna i digitalna elektronska kola
* crtanje električne šeme
* priključivanje instrumenata
* analize: DC, AC, tranzijentna, Furijeova
* merenje napona, struje, učestanosti, pojačanja, izobličenja ......

SADRŽAJ



UVOD

Program
Primeri

Ova knjiga i praktični primeri u folderu PRIMERI su namenjeni onima koji se bave, ili nameravaju da se bave, audio-pojačavačima, ispravljačima, radio-prijemnicima, radio-predanicima, alarmnim uređajima, telekomunikacijama, analognom i digitalnom elektronikom, energetikom i drugim oblastima elektrotehnike.

Program

Electronics Workbench (radni sto za elektroniku), u daljem tekstu EWB, je program za analizu električnih i elektronskih kola, koji korisnicima omogućuje da, pre nego što se upuste u praktičnu realizaciju nekog uređaja, izvrše kompjutersku analizu tog uređaja, provere kako on radi, da li su njegove karakteristike onakve kakve se očekuju na osnovu prethodnih teorijskih razmatranja i proračuna i, ako je potrebno, izvrše korekcije električne šeme i vrednosti upotrebljenih komponenata. Tako, na primer, ako je u pitanju neki audio-pojačavač, ili neki njegov stepen, program izračunava i prikazuje jednosmerne i naizmenične napone u svim tačkama kola, jednosmerne i naizmenične struje u svima granama, crta frekvencijsku karakteristiku, meri izobličenja, vrši Furijeovu analizu signala i mnoge druge stvari, koje pružaju jasnu sliku o mogućnostima i karakteristikama tog pojačavača.

Pored svih laboratorijskih merenja koja se vrše u stvarnosti, u EWB-u je moguće izvršiti i testiranja i merenja koja bi u stvarnosti dovela do oštećenja uređaja i ostalih štetnih pojava. Na primer, ako bi se kratko spojili izlazni krajevi nekog ispravljača, koji nema zaštitu od kratkog spoja, to bi dovelo do pregorevanja komponenata tog ispravljača, iskakanja osigurača i sl. U EWB-u tako nešto nije moguće, ali će ampermetar pokazati da kroz kolo teče nenormalno velika struja, što je korisniku dovoljan podatak da shvati da se u kolu koje testira dešava nešto što nije u redu.

Primeri

Slavni engleski fizičar Isak Njutn je rekao da "Exempla docent non minor quam praecepta " - "Primeri su poučni koliko i pravila". U folderu PRIMERI je, pored primera vezanih za ovu knjigu, i više stotina električnih kola grupisanih po različitim oblastima elektrotehnike:

01. Primeri iz ove knjige
02. Osnove elektrotehnike I
03. Osnove elektrotehnike II
04. Elektronika I
05. Elektronika II
06. Radio-prijemnici
07. Osnove telekomunikacija
08. Audio i
09. Ispravljači

U folderu "Primeri iz ove knjige" dati su jedan ili više primera za sve komponente opisane u glavi "Biblioteke", kao i sve električne šeme koje su korišćene kao primeri u ovoj knjizi. Uz svaki primer, u prozoru *Description* je dato kratko uputstvo o tome šta i kako treba uraditi, zapaziti, na šta obratiti posebnu pažnju i slično. Ovaj prozor se zatvara pritiskom na dugme X u gornjem desnom uglu, a otvara pritiskom na dugmeta *Ctrl* i*D* na tastaturi.

Redosled primera u ostalim folderima je takav da sledi izlaganja i slike u odgovarajućim udžbenicima za srednje elektrotehničke škole, časopisima i drugim knjigama koje su navedene u fajlovima *000.ewb* na početku svakog foldera.

Autor ove knjige savetuje čitaoce da, dok čitaju knjigu, imaju na ekranu monitora sliku o kojoj je reč u knjizi i da odmah probaju i provere ono što čitaju. Pri analizi slika iz gore navedenih knjiga korisno je prvo proučiti teoriju pa je proveriti na primerima.

PROGRAM

1.1. Instalacija
1.2. Početak rada
1.3. Radna površina

1.1. Instalacija programa

Instalacija EWB-a se obavlja na uobičajeni način. Stavite disk koji ste dobili uz knjigu u CD drajv u vašem kompjuteru, pa iz *Desktop*-a kliknite dva puta na ikonu *My Computer*, a zatim na ikonu vašeg CD-a i, na kraju, na ikonu *Workbench 5.12*. Na scenu stupa čarobnjak koji preuzima instalaciju programa u svoje ruke. Vaša uloga se svodi da kliknete na dugmeta *Next* i *Finish*. Ako tako postupite, program će na vašem hard disku biti smešten na adresi *C:\ProgramFiles\EWB512.*

Na CD-u se nalazi i folder PRIMERI u kome su, podeljene u više grupa, električne šeme raznih električnih kola. Fajlove sa šemama možete, pošto pokrenete EWB, da otvarate direktno sa CD-a, ali je bolje ako folder PRIMERI prekopirate sa CD-a na hard disk u folder *C:\ProgramFiles\EWB512\PRIMERI.*

Ako ste tokom procesa instalacije prihvatili da program bude smešten u folder *C:\ProgramFiles\EWB512*, pokretanje programa se takođe vrši na uobičajen način. Kliknite na ikonu *Start* u statusnoj liniji *Windows*-a, zatim stavite kursor na *Programs*, pa na liniju *Electronics Workbench* i, na kraju, kliknite na ikonu *Electronics Workbench*. Program se otvara, a na ekranu se pojavljuje upozorenje *Could not open file*. Kliknite na dugme **OK** i program je spreman za rad.

Ceo postupak pokretanja programa se skraćuje tako što se napravi *Shortcut* (prečica) i njena ikona postavi na *Desktop*. Tada se pokretanje ostvaruje tako što se na *Desktop*-u dva puta klikne na ikonu *Electronics Workbench*.

1.2. Početak rada

Po pokretanju programa, na ekranu se pojavljuje slika u čijem gornjem levom uglu je logo programa *Electronics Workbench*. To je radna površina, odnosno to je površina virtuelnog laboratorijskog stola na koji se dovode i povezuju komponente električnih i elektronskih kola i na njih priključuju potrebni instrumenti i obavljaju razna merenja i testiranja.

U desnom gornjem uglu ekrana su tri dugmeta koji su prikazani na slici 1-a. Pritiskanje dugmadi se obavlja tako što se klikne na jedno od njih.

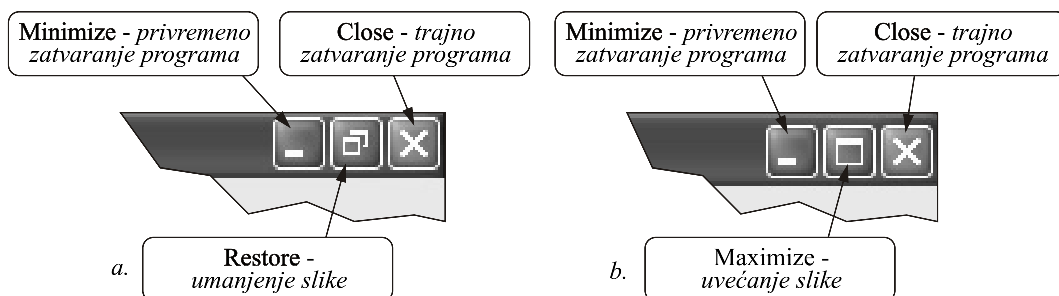
U tekstu koji sledi, izrazi "kliknuti na dugme" i "pritisnuti dugme" znače istu stvar: pokretanje procesa za koje je to dugme predviđeno.
Inače, izraz oblika "kliknuti na ABCD" znači da na ABCD treba staviti vrh pointera (strelice) pa brzo pritisnuti i otpustiti levo dugme na mišu. Kada se koristi desno dugme, to će biti istaknuto: "kliknite desnim dugmetom na ABCD"



Uloge udgmadi su:

Minimize - program biva privremeno zaustavljen, a na ekranu se pojavljuje ili *Desktop*, ako je EWB jedini pokrenuti program, ili radna površina nekog ranije pokrenutog programa. Pri ovom zatvaranju ništa se ne gubi. Na statusnoj liniji *Windows*-a pojavljuje se dugme na kome piše *Electronics Workbench* i kada se klikne na njega na ekranu se ponovo pojavljuje ono što je bilo pre pritiska na *Minimize*.

Restore - radna površina biva umanjena, a oko nje se pojavljuje ili deo *Desktop*-a ili deo radne površine nekog ranije pokrenutog programa. U gornjem desnom delu umanjene slike, umesto *Restore* je novo dugme - *Maximize* (sl. 1-b). Pritiskom na ovo dugme umanjena



Slika 1. Manipulacija programon i slikom na ekranu

slika se širi na ceo ekran, odnosno na ekranu je ono što je bilo pre pritiska na *Restore*.

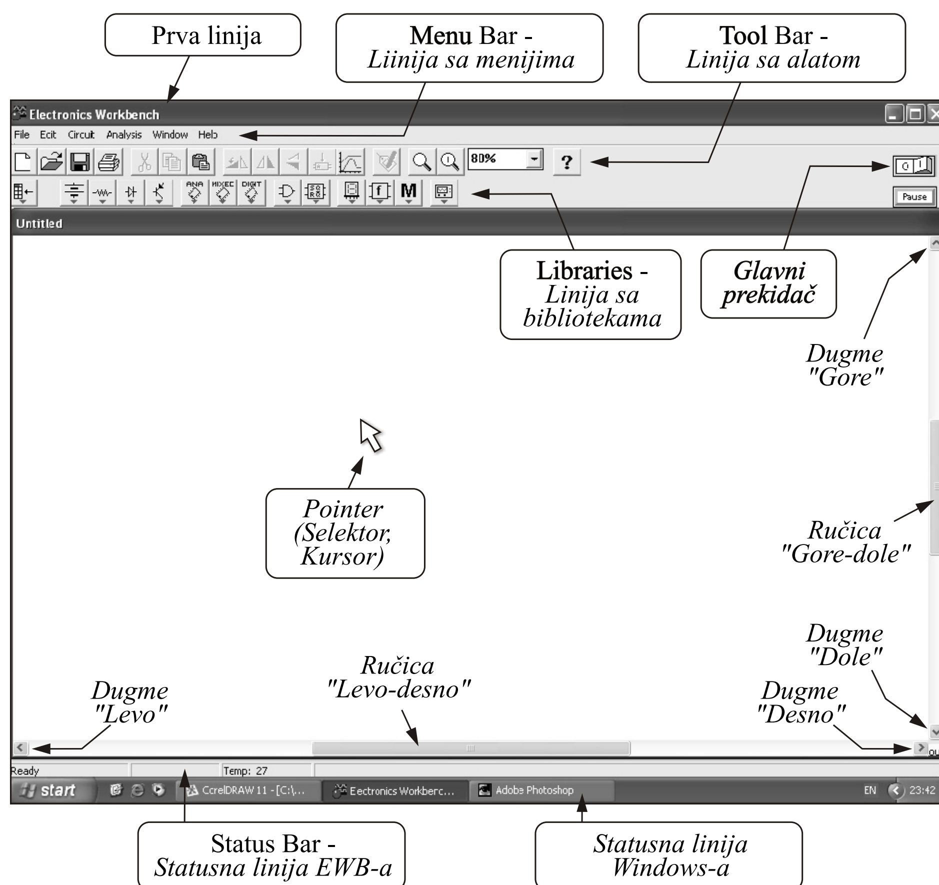
Close - trajno zatvaranje programa. Pošto se pri ovom zatvaranju trajno gubi sve što je rađeno posle poslednjeg snimanja na hard disk,

Close - trajno zatvaranje programa. Pošto se pri ovom zatvaranju nepovratno gubi sve što je rađeno posle poslednjeg snimanja na hard disk, na ekranu se pojavljuje okvir za

1.3. Radna površina

Dakle, po pokretanju programa, na ekranu je radna površina koja je prikazana na slici 2. U prvoj liniji na ekranu su naziv programa i dugmeta *Minimize*, *Restore* i *Close*, o kojima je bilo reči u prethodnom poglavlju.

U slučajevima kada je električna šema velika, ona se ne vidi cela. Na ekranu monitora se vidi samo njen deo, pa može da se zamisli da je ekran monitora prozor kroz koji se vidi samo deo slike. Taj prozor može da se pomera sa bi se videli ostali delovi slike. Velika



Slika 2. Radna površina EWB-a

pomeranja se vrše klizačima (Gore-Dole i Levo-Desno), a manja - dugmadima (Gore, Dole, Levo i Desno). Velika pomeranja levo-desno su korisna i u nekim drugim situacijama. Naime, pri crtanju slike ili pri kasnijem ubacivanju novih komponenata, naročito ampermetara i voltmetara, može da se desi da na slici ostanu neki delovi linija, ili nešto nerazumljivo na displejima ampermetara i voltmetara. Brisanje tih ostataka i čišćenje displeja se obavlja tako što što se, pomoću ručice "Levo-Desno", prozor pomeri ulevo pa vrati udesno na svoje mesto.

U gornjem desnom uglu radne površine je "Glavni prekidač" (O/I), koji je analogan prekidaču kojim se bilo koji električni uređaj uključuje odnosno pušta u rad. Njegovim uključivanjem se aktivira deo programa koji vrši analizu električnog kola na ekranu i daje korisniku rezultate koji se traže. On, jednostavnije rečeno, pokazuje napone na displejima voltmetara, struje na displejima ampermetara, prikazuje oblike signala na ekranu osciloskopa, crta amplitudsko-frekvencijsku karakteristiku na ekranu plotera, vrši analize itd.

Ispod glavnog prekidača je dugme *Pause*. Pritiskom na ovo dugme analiza se zaustavlja, a dugme dobija novi naziv, *Resume*. Ponovnim pritiskom, analiza se nastavlja. Ovo dugme je naročito korisno kad se koristi osciloskop jer se njime zaustavlja "tračanje" slike na ekranu osciloskopa.

U drugoj liniji na radnoj površini je *Menu Bar* - linija sa menijima u kojima se nalaze sve komande i ostale stvari koje se koriste u EWB-u-

U trećoj liniji na radnoj površini je *Tool Bar*. To je linija u kojoj je više dugmeta sa simboličnim slikama naredbi koje se izvrašavaju pritskom na njih. To su, zapravo, najčešće korišćene naredbe iz različitih menija, koje su na ovaj način učinjene pristupačnijim.

Četvrta linija je linija sa bibliotekama u kojima se nalaze komponente, instrumenti i

neke druge stvari.

U petoj liniji na radnoj površini je naziv fajla u kome se nalazi crtež električne šeme koja je na ekranu. Na slici 2 u ovom redu piše *Untitled* jer je ova slika snimljena pre nego što je na radnu površinu dovedena bilo kakva slika.

Predzadnja linija na radnoj površini je statusna linija EWB-a. Na slici 2 u prvom polju u ovom redu piše *Ready*, što znači da je program spreman za rad, a u trećem piše *Temp:27*, što znači da se analiza obavlja pod pretpostavkom da je temperatura svih komponenata uređaja 27 stepeni Celzijusa. Kada se, pritiskom na glavni prekidač O/I, započne analiza, u drugom polju će se pojaviti vreme trajanja analize. U četvrtom polju se pojavljuje ime i *Reference ID* komponente na kojoj se nalazi kursor (strelica).

GLAVA 2

MENU BAR-MENIJI

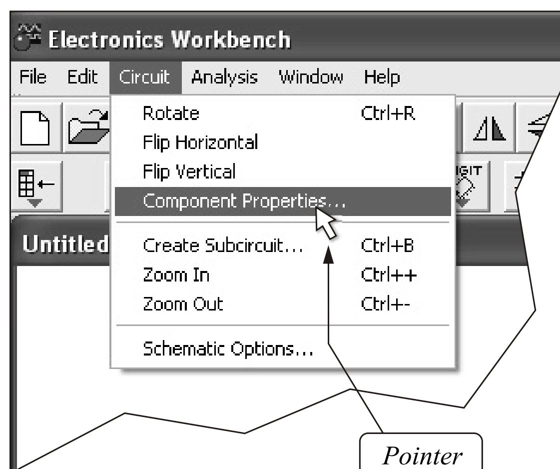
2.1. File
2.2. Edit
2.3. Circuit
2.4. Analysis
2.5. Windows
2.6. Help

Menu Bar, linija sa nazivima menija naredbi, je u drugom redu na slici 2, a uvećana je prikazana na slici 3. To su tzv. padajući meniji čije se otvaranje vrši tako što se klikne na naziv menija. Aktiviranje naredbi iz otvorenog menija se obavlja tako što se klikne na željenu naredbu. Od naredbi iz svih menija većina su naredbe u pravom smislu te reči, jer se njihovim aktiviranjem odmah ostvaruje ono za šta su predviđene. Ostale su tzv. podnaredbe, odnosno one su prve u nizu naredbi kojima se ostvaruje željena stvar.

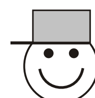
File Edit Circuit Analysis Window Help

Slika 3. Menu Bar - Linija sa menijima

Kao primer korišćenja naredbi iz linije sa menijima, na slici 4 je prikazano šta se dešava kada se klikne na meni sa nazivom *Circuit*. Otvara se padajući meni sa naredbama *Rotate, Flip Horizontal*... Pomeranjem pointera po meniju izabrana je naredba *Component Properties*, a aktiviranje se vrši klikom na nju. Na slici 4 treba zapaziti da aktiviranje nekih naredbi može da se ostvari direktno sa tastature, bez otvaranja menija. Tako, na primer, desno od naredbe *Create Subcircuit* piše *Ctrl+B*. (Ovo se čita kontrol B.)To znači da ova naredba



Pritiskom na levo dugme na mišu biće aktivirana naredba Component Properties...



Slika 4. Meni naredbe Circuit

može da se aktivira tako što se prstom jedne ruke , obično leve, drži pritisnuto dugme na kome piše *Ctrl*, a prstom druge ruke pritisne dirka (dugme) sa slovom *B*. Na sličan način se i naredba *Zoom* (uvećanje slike) akrivira pritiskom na dugme *Ctrl* i dugme sa znakom + itd. Ovakvo aktiviranje naredbi, bez otvaranja menija i bez korišćenja miša, je korisno jer ubrzava rad. Naročito je preporučljivo kada može da se obavi samo prstima leve ruke (Ctrl+X, Crrl+S, Ctrl+C itd.) jer je ona znatno manje iskorišćena od desne ruke, kojom se drži miš.

Naredbe iz menija u *Menu Bar*-u su:

2.1. File (sl. 5):

New - Započinjanje rada na potpuno novoj električnoj šemi.

Open... - Pozivanje na radnu površinu neke ranije snimljene električne šeme.

Save - Snimanje (na hard disk, disketu, CD itd.) crteža koji se nalazi na ekranu. Ako je to crtež koji se snima prvi put, tj. crtež koji je otvoren naredbom *New*, otvara se dijaloški okvir koji korisniku omogućuje da odabere ime crteža i mesto na kome će biti snimljen. Ako je u pitanju crtež koji je pozvan naredbom *Open*, a to znači crtež koji je ranije snimljen, crtež će biti snimljen pod starim imenom, a stara verzija će biti nepovratno uništena.

Save As... - Ova naredba omogućuje da se sačuva stara verzija crteža. Po njenom aktiviranju, otvara se dijaloški okvir koji korisniku omogućuje da novu verziju snimi pod novim imenom i/ili na novom mestu, recimo na disketu, CD itd.

Revert to Saved... - Na ekran biva dovedena poslednja verzija crteža koja je snimljena. Ako je na crtežu nešto rađeno, pojaviće se upozorenje "*All changes to your circuit will be lost !*", a na korisniku je odabere *OK* ili *Cancel*.

Import... - Uvoz netliste iz programa SPICE i pretvaranje u električnu šemu.

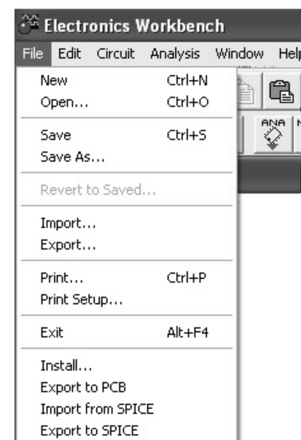
Export... - Snima električnu šemu u formatu sa nekom od sledećih ekstenzija: .net, .scr, .cmp, .cir i .clp.

Print... - Ova naredba je detaljno opisana u posebnoj glavi

Print Setup... - I ova.

Exit - Kraj rada i napuštanje EWB-a. Ako je nešto ostalo nesnimljeno pojaviće se upozorenje "Save changes . . .?, a na korisniku je da se odluči i klikne na *Yes*, *No* ili *Cancel*.

Install... - Instalacija nekih drugih stvari koje idu uz EWB.



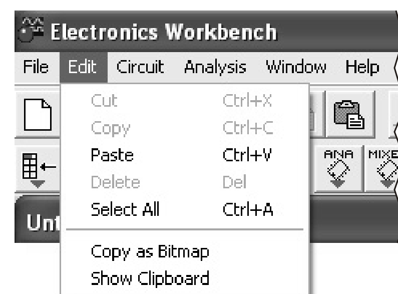
Slika 5. Meni naredbe File

2.2. Edit (sl.6):

Cut - Selektovani objekti sa crteža (jedna ili više komponenata i/ili tekst) bivaju isečeni (obrisani sa slike) i poslati na *Clipboard*, odakle mogu, pomoću naredbe *Paste*, da budu vraćeni na crtež. Kada se *Cut* ponovi, sve što je do tada bilo na *Clipboard*-u biva trajno izbrisano. Selektovanje komponente se obavlja tako što se klikne na nju. Ona tada promeni boju. Slektovanje više komponenata se vrši tako što se pointer (strelica) stavi u gornji levi ugao zamišljenog pravougaonika koji obuhvata komponente koje treba selektovati, pritisne levo dugme, pointer pomeri u suprotni ugao zamišljenog pravougaonika i dugme otpusti. Sve selektovane komponente postanu crvene boje. Selektovanje više komponenata može da se obavi i tako što se pritisne dugme *Shift* na tastaturi i klikće redom na komponente.

* Naredba *Cut* je neprimenljiva ako među selektovanim komponentama ima i nekih od instrumenata.

Copy - Selektovani objekti sa crteža (jedna ili više komponenata i/ili tekst) bivaju poslati na *Clipboard*, odakle mogu, pomoću naredbe *Paste*, da budu vraćeni na crtež. Kada se naredba *Copy* ponovi, sve što je do tada bilo na *Clipboard*-u biva trajno izbrisano. Kao što se vidi, ovom naredbom se ostvaruje isto što i naredbom *Cut*, jedina razlika je u tome što selektovani objekti **ne** bivaju obrisani. Selektovanje se obavlja na isti način kao i pri primeni naredbe *Cut*. I ova naredba ne može da se primeni ako među selektovanim objektima ima i nekih od instrumenata (osciloskop, ploter itd.).



Slika 6. Meni naredbe Edit

Paste - Pozivanje (vraćanje na crtež) objekata sa *Clipboard*-a, koji su tamo poslati naredbbom *Cut* ili *Paste*. *Copy* i *Paste* su vrlo korisni kada se crta crtež koji ima dva ili više istih delova. Taj deo se nacrta pa pomoću *Copy* i *Paste* kopira na drugo, treće itd. mesto na crtežu.

Delete - Nepovratno brisanje svih selektovanih komponenata sa crteža. Ono što je obrisano ne utiče ni na koji način na sadržaj *Clipboard*-a.

> Brisanje se brže obavlja pomoću dugmeta Delete na tastaturi. Dakle, selektujete ono što treba obrisati i pritisnete dugme Delete na tastaturi. Ali, dobro promislite pre nego što bilo šta brišete, jer u EWB-u, što bi reko naš narod, " Posle brisanja - nema kajanja".



Select All - Sve komponente crteža bivaju selektovane. Naredbe *Cut* i *Copy* ne mogu da se primene ako na crtežu ima i instrumenata. Deselektovanje nekih od komponenata se vrši tako što se prstom leve ruke pritisne na tastaturi dugme Shift, i klikće redom na komponente koje treba da budu deselektovane.

Copy as Bitmap - cretž se u obliku bit mape šalje na *Clipboard*, odakle može da se, naredbom *Paste*, uveze u neki program za obradu teksta i slično. Tako su, na primer, neke od slika iz EWB-a uvezene i u ovu knjigu.

Show Clipboard - prikazuje sadržaj *Clipboard*-a.

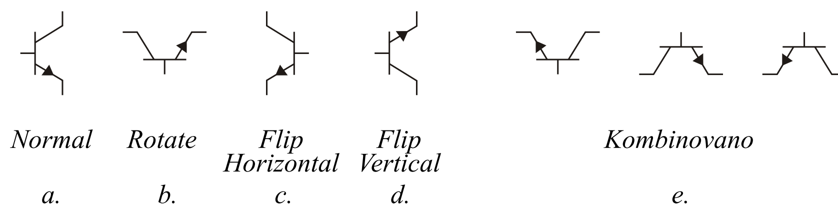
2.3. Circuit (sl. 4):

Rotate - rotiranje selektovanje komponente za 90 stepeni u smeru suprotnom smeru kretanja kazaljki na satu. Izuzeci su ampermetar i voltmetar, oni ostaju u istom položaju ali se rotiraju njihovi priključci.

Flip Horizontal - selektovana komponenta biva okrenuta tako da ono što je bilo levo postane desno i obrnuto. (U nekim programima ova naredba se zove *Horizontal Mirror*).

Flip Vertical - selektovana komponenta biva okrenuta tako da ono što je bilo dbilo gore ode dole i obrnuto. (U nekim programima ova naredba se zove *Vertical Mirror*).

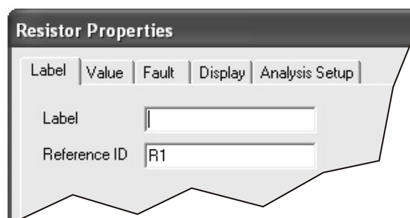
Pojedinačna dejstva ove tri komande na tranzistor sa slike 7-a prikazana su na slikama 7-b, 7-c i 7-d. Njihovim kombinovanim dejstvom, jedno za drugim, može da se ostvari bilo koji od položja sa slike 7-e.



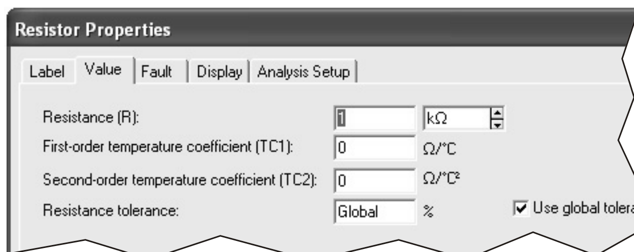
Slika 7. Okretanje tranzistora

Component Properties - Editovanje osobina i naziva komponenata. Ovom naredbom se komponentama električnog kola, instrumentima, pomoćnim uređajima itd. dodeljuju nazivi ili oznake, vrednosti i ostale karakteristike koje oni treba da imaju u konkretnom električnom kolu. To, na primer, znači da se ovom naredbom nekom otporniku dodeljuje oznaka R3, otpornost od 4,7 k , tolerancija od 5 % itd, da se neki voltmetar defininiše kao voltmetar za naizmeničnu struju, da mu se dodeljuje oznaka "Izlazni napon", da se definišu karakteristike nekog tranzistora, da se nekom izvoru napona definišu amplituda, učestanost i početna faza itd.

Postupak editovanja se započinje tako što se prvo klikne na komponentu, tako da ona postane crvene boje. Dovedite na ekran neku komponentu, recimo otpornik: kliknite u *Tool Bar*-u na dugme na kome je nacrtan simbol otpornika. Zatim, stavite vrh pointera na simbol otpornika u biblioteci koja se otvorila, pritisnite levo dugme, pomerajte miša dok otpornik ne dođe na ekran i otpustite dugme. Kliknite na otpornik, pa na meni *Circuit* i, na kraju, na naredbu *Component Properties*. Na ekranu se pojavljuje dijaloški okvir u kome se vrši editovanje. Na ekranu se pojavljuje dijaloški okvir *Resistor Properties*. U njemu postoji mogućnost izbora više opcija. Najznačajnije su *Label* (oznaka) i *Value* (vrednost, veličina otpornosti). Slika 8, se pojavljuje kada se klikne na *Label*, a druga, slika 9, kada se klikne na dugme *Value*.



Slika 8. Dijaloški okvir za editovanje oznake otpornika



Slika 9. Dijaloški okvir za editovanje veličine otpornosti, temperaturnog koeficijenta i tolerancije otpornika

Otvaranje dijaloškog okvira Component Properties možete da obavite i jednostavnije: kliknite dva puta na komponentu.



Na slici 8, u prozorčetu *Label*, trepće tekstualni kursor, što omogućuje da se otkuca oznaka, recimo R4. U drugom prozoru, ispred koga piše *Reference ID*, piše R1. To je oznaka koju je otporniku dodelio program. Dodelio mu je R1 jer je to prvi otpornik koji je doveden na crtež. Sledećem će dodeliti R2, pa R3 itd. To važi i za sve ostale komponente.)

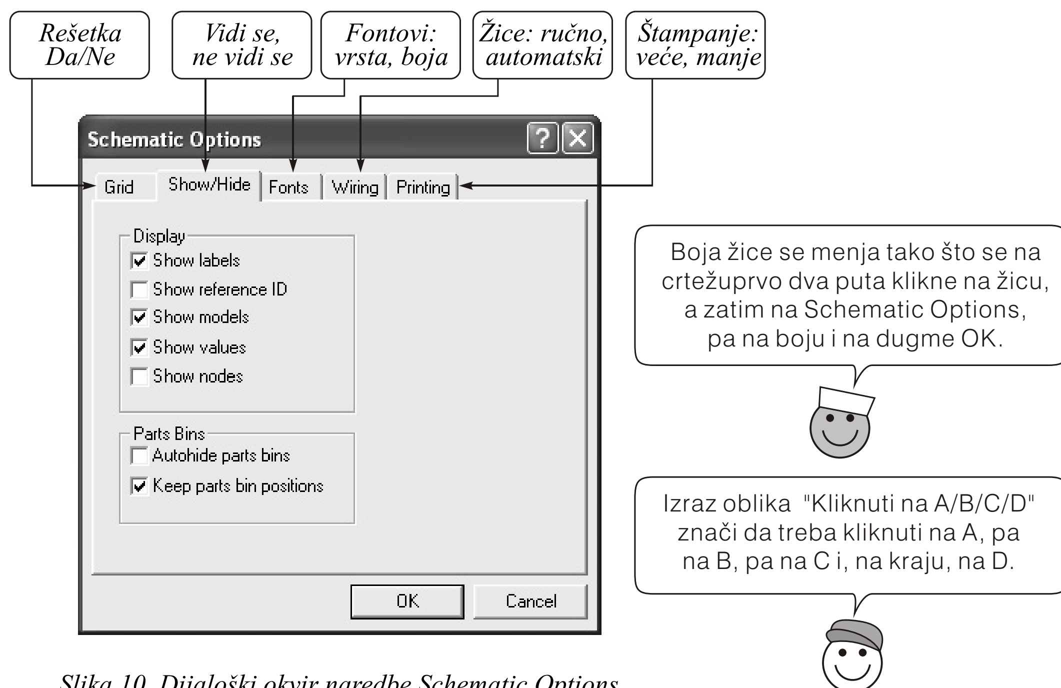
Na slici 9 se upisuju veličina otpornosti (*Resistance*), temperaturni koeficijenti (*TC1* i *TC2*) i tolerancija otpornika (*Resistance tolerance*). Tolerancija može da se upiše tek pošto se "odčekira" opcija *Use global tolerance*.

Na sličan način se edituju i ostale komponenete: kliknete dva puta na komponentu što dovodi do otvaranja dijaloškog okvira u kome se klikće na različita dugmeta u prvoj liniji i upisuju potrebne veličine.

Create Subcircuit - kreiranje (stvaranje) tzv. pod-kola. Ova naredba omogućuje uprošćavanje izgleda nekog složenog kola sa mnogo komponenata. Na primer, na šemi nekog radio-predajnika je i deo koji predstavlja električnu šemu oscilatora. Selektuju se sve komponente oscilatora. (Vrh pointera se stavi u gornji levi ugao zamišljenog pravougaonika koji obuhvata sve komponente oscilatora i pritisne levo dugme na mišu. Miš se pomera dok kursor ne dođe u suprotni ugao zamišljenog pravougaonika i otpusti dugme.) Sada se klikne prvo na naziv menija (na *Circuit*), pa na naredbu *Create Subcircuit*. (Ova rečenica se skraćeno piše kao: sada se klikne na *Circuit/Create Subcircuit*.) Otvara se dijaloški okvir u kome se upiše ime pod-kola (*Name*), u našem primeru to je OSCILATOR, a zatim klikne na dugme *Replace in Circuit*. Pojavljuje se prozor sa imenom koje ste dali pod-kolu u kome je električna šema pod-kola. Kliknite na dugme za zatvaranje ovog prozora i posao oko kreiranja je završen. Na ekranu je šema predajnika na kojoj je oscilator prikazan u obliku pravougaonika, povezan sa ostalim komponentama predajnika. Dvostrukim klikom na pravougaonik on se otvara, što omogućuje da se vidi šta je u njemu i, ako je potrebno, izvrše prepravke.

Zoom In i ***Zoom Out*** - naredbe za uvećanje i smanjenje slike. Dovedite na ekran neku sliku iz foldera PRIMERI, kliknite po nekoliko puta na ove naredbe i videćete njihov učinak. Umesto ovih naredbi, bolje je koristiti *Scale Factor* u *Tool Bar*-u.

Schematic Options - definisanje nekih stvari u vezi sa slikom odnosno sa električnom šemom. Pošto se klikne na *Circuit/Schematic Options*, na ekranu se pojavljuje dijaloški okvir sa slike 10. U gornjem redu su dugmeta *Grid, Show/Hide, Fonts, Wiring i Prin-ting*. Na slici je kliknuto na dugme *Show/Hide*. Klikom na njih ostvaruje se sledeće:



Slika 10. Dijaloški okvir naredbe Schematic Options

* ***Grid*** - rešetka se vidi ili ne vidi, i rešetka se koristi ili ne koristi.

* ***Show/Hide*** - vide se ili se ne vide oznake (*Labels*), *Reference ID*, modeli itd, što, kad se nevidljivim učini ono što nam nije potrebno, sliku čini lepšom i preglednijom.

Pri aktiviranju neke od analiza iz menija *Analysis*, neophodno je poznavati redne brojeve čvorova kola, a to je moguće samo ako je opcija *Show nodes* čekirana.

* ***Fonts*** - odabiranje vrste i boje fontova za oznake i vrednosti komponenata. Za vežbu, kliknite na Circuit/Schematic Options/Set lebel font/Blue/Red/OK/OK i sve oznake će biti u komunističkoj boji.

* ***Wiring*** - definisanje načina crtanja električnih provodnika (žica). U ovoj opciji je

vrlo korisno čekirati *If possible, do not move wires*.

2.4. Analysis:

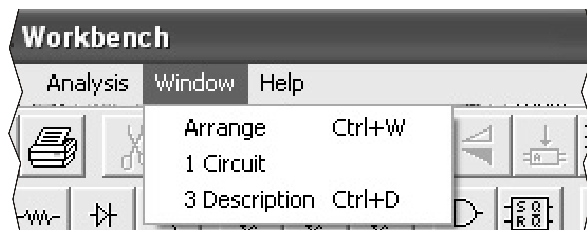
Ovom meniju je posvećena posebna glava.

2.5. Window (sl. 11):

Arrange - Pomera delove slike na ekranu i čini je malo lepšom i preglednijom.

1 Circuit - Dovodi sliku električne šeme u prvi plan.

3 Description - otvara na ekranu prozor *Description* u koji se upisuje opis kola ili neke napomene koje mogu da budu od koristi pri kasnijim korišćenjima. U folderu PRIMERI, u svim fajlovima postoji ovaj prozor u kome je autor dao kratk opis, uputstva i preporuke itd. Jednostavnije otvaranje se ostvaruje pritiskom na *Ctrl+D*.



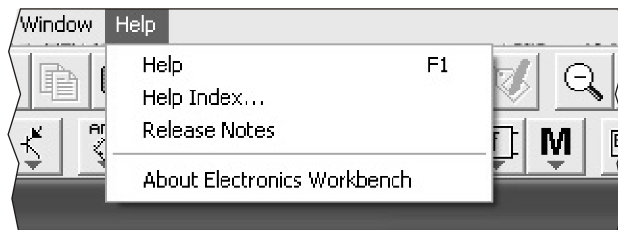
Slika 11. Meni naredbe Window

2.6. Help - U pomoć! (sl. 12)

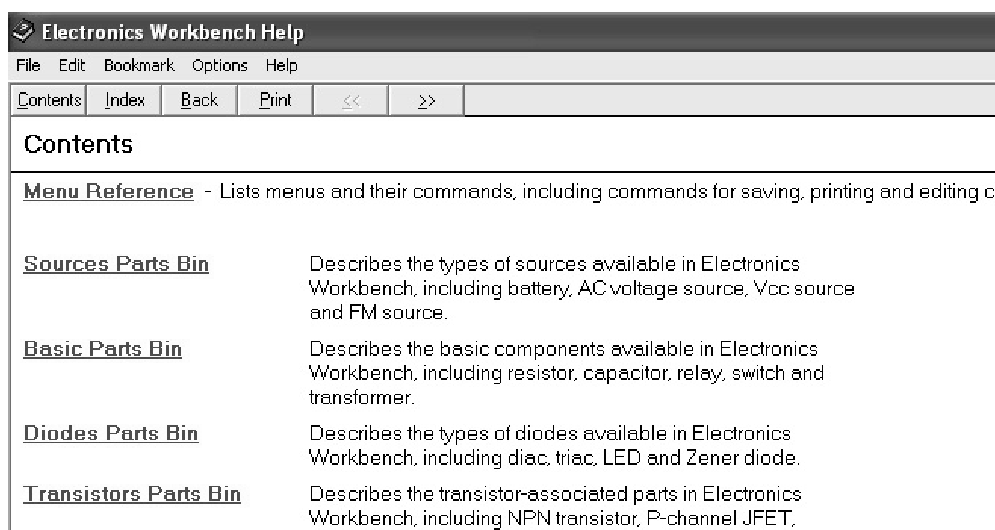
Naredbe iz ovog menija pružaju korisnicima razna uputstva i objašnjenja koja olakša-vaju korišćenje programa, ali i neke druge stvari.

Help i ***Help Index*** - po aktiviranju bilo koje od ovih komandi, na ekranu se otvara prozor koji je delimično prikazan na slici 13. On omogućuje korisnicima da potraže pomoć u vezi sa menijima naredbi (*Menu Reference*), bibliotekama u kojima se nalaze komponente (*Sources Parts Bin, Basic Parts Bin, Diodes Parts Bin...*), instrumentima (*Instruments*) itd.

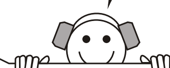
Release Notes - objašnjenja o novinama u programu, koja su namenjena korisnicima starijih verzija EWB-a, kao i različite primedbe u vezi sa programom.



Slika 12. Meni naredbe Help



Slika 13. Početak prve, od stotinak stranica Help-a



EWB je, u svakom pogledu, sjajajn program. Autor ove knjige, koji se dugi niz godina bavi elektrotehnikom, je sebi neke stvari konačno razjasnio tek pošto ih je isprobao i analizirao u ovom programu. Pošto je ovo uputstvo vrlo kratko, autor

savetuje čitaocima da, kad god imaju vremena, otvore *Help* i pogledaju i prouče sve što u njemu postoji. Naći će mnoge stvari koje će im olakšati upotrebu programa kao i stvari koje će im omogućiti da program iskoriste u punoj meri, a ne samo ono što je opisano u ovoj knjizi. Početnici a, bogami i oni sa dužim stažom, treba da obrate pažnju na komponente iz svih biblioteka. Dakle, kad god prvi put pozovete na radni sto neku od komponenata, kliknite prvo na nju, tako da postane crvene boje, pa na dugme sa znakom pitanja u *Tool Bar*-u i pročitajte objašnjenje.

GLAVA 3

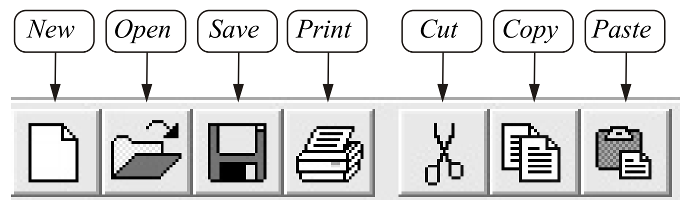
TOOL BAR
LINIJA SA ALATOM

Bez alata,
nema zanata.



Na slici 2, u liniji sa alatom (*Tool Bar*) nalaze se alati koji se najčešće koriste u EWB-u. To su, zapravo, naredbe iz menija *File, Edit* i *Circuit*, koje se aktiviraju tako što se klikne na dugme na kome su one prikazane slikovito. Pošto su sve ove naredbe detaljno objašnjene u prethodnoj glavi, ovde će biti opisane samo jednom rečju.

Prvi deo linije sa alatima prikazan je na slici 14.

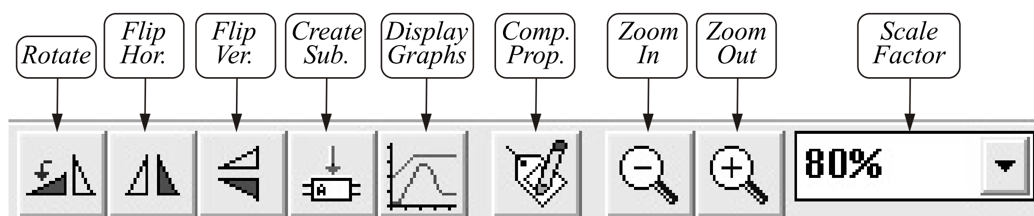


Slika 14. Linija sa alatima - prvi deo

Ovim alatima se obavljaju sledeće stvari:

New - Novi crtež
Open - Otvori stari crtež
Save - Snimi
Print - Štampaj
Cut - Seci ono što je markirano
Copy - Kopiraj ono što je markirano
Paste - Prilepi ono što je kopirano ili isečeno

Drugi deo linije sa alatima je prikazan na slici 15.



Slika 15. Linija sa alatima - drugi deo



Ovim alatima se obavljaju sledeće stvari:

Rotate - Rotiraj
Flip Horizontal - Okreni
Flip Vertical - Obrni
Create Subcircuit - kreiraj pod-kolo
Displeji Graphs - Pokaži grafike
Component Properties - Osobine komponenata
Zoom In - Uvećaj
Zoom Out - Umanji
Scale Factor - Skaliraj
Help - Pomagaj brate

GLAVA 4

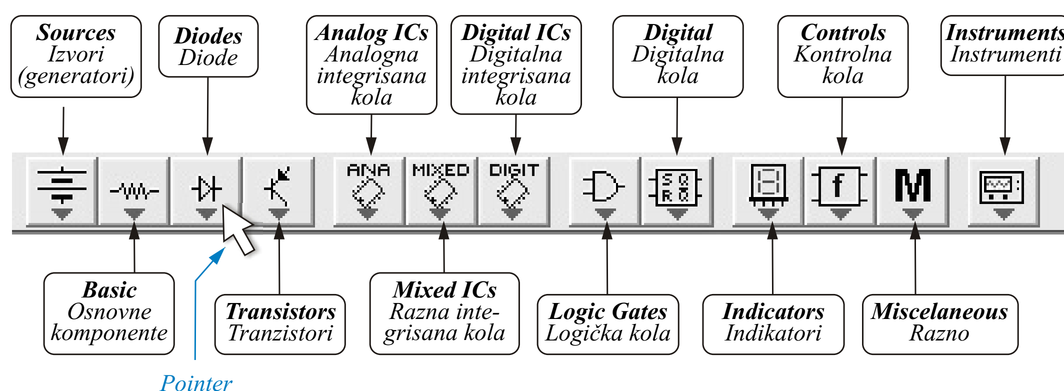
LIBRARIES - BIBLIOTEKE

U bibliotekama su izvori različitih napona i struja, komponente elektronskih uređaja, razni indikatori, kontrolni uređaji, instrumenti itd, jednom rečju sve što je potrebno da se nacrta električna šema nekog uređaja i na njoj obave potrebna merenja i testiranja. Linija sa bibliotekama je prikazana na slici 16.

Otvaranje biblioteke se obavlja tako što se klikne na dugme na kome je simbol biblioteke. Tako, na primer, kada se na slici 16 pritisne levo dugme na mišu, otvoriće se biblioteka *Diodes.*

Dovođenje komponente iz biblioteke na crtež se obavlja tako što se komponenta uhvati i dovuče na svoje mesto na crtežu. (Komponenta se hvata tako što se vrh pointera stavi na nju, pritisne i drži pritisnutim levo dugme na mišu. Kad se dugme otpusti komponenta je otpuštena.) Na isti nain komponente se i pomeraju sa jednog na drugo mesto na crtežu.

U tekstu koji sledi biće opisane komponente svih biblioteka. Čitaocima se preporučuje da "prelistaju" sve biblioteke i prouče karakteristike svih komponenata. To se, kao što je već objašnjeno, obavlja tako što se klikne na komponentu pa na dugme sa znakom pitanja u *Tool Bar*-u. Na ekranu se pojavljuje list sa opisom komponente, njenim karakterističnim veličinama, primerima upotrebe, "putokazi" ka srodnim stvarima itd, što, sve zajedno, može da bude vrlo korisno za efikasnije korišćenja EWB-a. Vrlo je preporučljivo pogledati i primere koji se nalaze u folderu PRIMERI\Primeri iz ove knjige\Biblioteke



Slika 16. Libraries - Biblioteke

4.1. Sources - Izvori

Kada se u liniji sa bibliotekama klikne na biblioteku *Sources* (Izvori), na ekranu se otvara slika 17. To je sadržaj ove biblioteke u kome su komponente prikazane simbolično, u obliku u kome se one predstavljaju na električnim šemama.

U biblioteci *Sources* se nalaze sledeće komponente:

Ground. Ovo, zapravo, i nije komponenta u pravom smislu te reči. Njome se obeležava neka od tačaka kola i ta tačka se proglašava za referentnu tačku u odnosu na koju se mere svi naponi, posmatraju talasni oblici na osciloskopu itd. Isto je i u EWB-u, program proračunava napone, crta slike itd. u odnosu na masu. Na primer, kada na nekoj stvarnoj električnoj šemi pored neke tačke piše 4,73 V, to znači da je između te tačke i svih tačaka spojenih sa simbolom *Ground* napon jednak 4,73 V.

U elektronskim uređajima kao što su audio pojačavači, radio-prijemnici, CD plejeri i sl. *Ground* se zove masa, a u električnim uređajima kao što su bojleri, grejalice i sl. zove se uzemljenje. Ako uređaj ima i masu i uzemljenje, oni su spojeni i tada (i samo tada) su masa i uzemljenje ista stvar.

Na električnim šemama elektronskih uređaja masa je linija sa kojom je spojeno najviše komponenata, između ostalih i jedan kraj (najčešće negativan) baterije ili ispravljača za napajanje uređaja električnom energijom. Na električnoj šemi, radi pojednostavljenja slike, može da bude više simbola *Ground*. U električnom pogledu, svi su oni međusobno spojeni i nalaze se na istom, nultom, potencijalu.

EWB ne može, osim u nekim sasvim jednostavnim primerima, da radi bez komponente *Ground*. Jednostavno, ona mora da postoji na šemi. Ako vi, ipak, zaboravite da je nacrtate, odmah po uključenju glavnog prekidača, pojaviće se upozorenje "*Your circuit requires a reference point for simulation...*" i moraćete da nacrtate i *Ground*.

Battery. Baterija, izvor jednosmerne struje čiji je napon konstantan (ne zavisi od jačine struje).

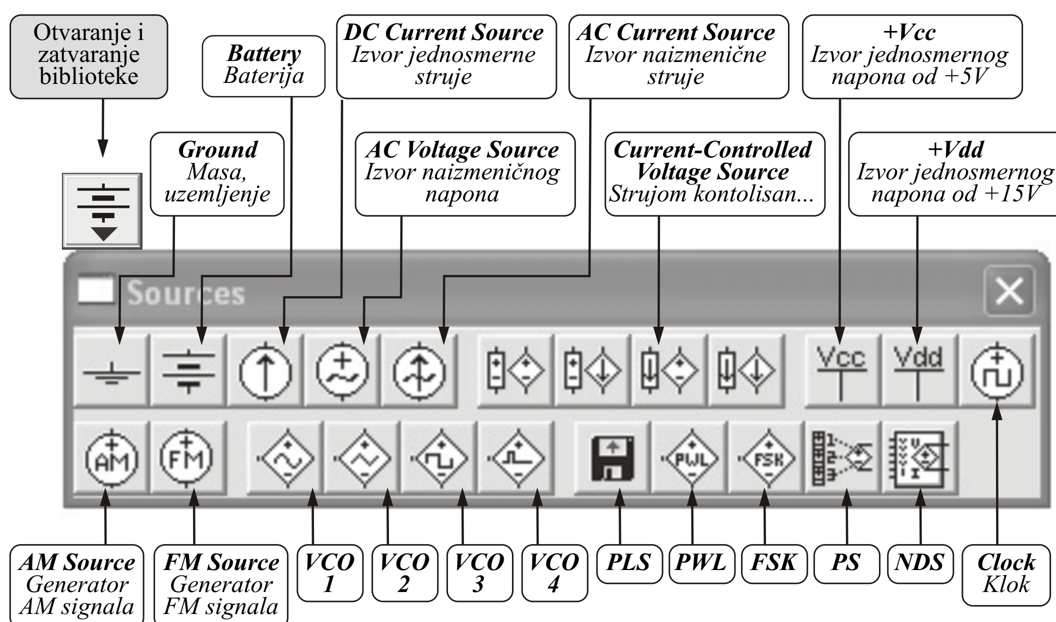
DC Current Source. Izvor konstantne jednosmerne struje. Struja kroz potrošač je konstantna bez obzira na njegovu otpornost.

AC Voltage Source. Izvor naizmenične struje čiji je napon konstantan (ne zavisi od jačine struje).

AC Current Source. Izvor konstantne naizmenične struje.

Current-Controlled Voltage Source. Strujom kontrolisan izvor napona. Ova komponenta se ubacuje u električno kolo na isti način kao i ampermetar: grana kola se prekine i tu povežu ulazni priključci komponente. To, kao i u slučaju ampermetra, nema uticaja na veličinu struje u grani. Na izlazu komponente se dobija napon koji je potpuno istog oblika kao struja u grani. Na primer, ako kroz granu kola teče struja učestanosti 800 kHz amplitude 2,6 V, na izlazu strujom kontrolisanog izvora napona dobija se napon učestanosti 800 kHz amplitude 2,6 V. Ovo je, u stvari, strujno-naponski pretvarač, pa je na električnim šemama u PRIMERIMA obeležen sa I/U. Ovo je izuzetno korisna komponenta jer omogućuje da se, na vrlo je dnostavan način, posmatraju talasni oblici struja, meri snaga itd.

Voltage-Controlled Voltage Source. Naponom kontrolisan izvor napona. Ova komponenta se na slici 17 nalazi desno od komponente *AC Current Source*. Ona se priključuje kao voltmetar i nema uticaja na kolo na koje je priključena. Na izlazu ove komponente se dobija napon potpuno istog oblika i veličine kao što je napon između tačaka na koje su povezani ulazni priključci.



Slika 17. Biblioteka Sources (Izvori)

Voltage-Controlled Current Source. Naponom kontrolisan izvor struje. Ova komponenta je levo od komponente *Current-Contolled Voltage Source*. Priključuje se kao voltmetar i nema uticaja na kolo na koje je priključena. Kroz izlazne priključke, bez obzira na otpornost potrošača priključenog između njih, teče struja istog oblika i veličine kao što je napon između ulaznih priključaka.

* Kod sva tri prethodna izvora moguće je promeniti prenosnu funkciju, tako da izlazna veličina bude veća ili manja od ulazne. Kliknite dva puta na komponentu, pa na *Value* i otkucajte novu veličinu prenosne otpornosti H (kod prve i treće), ili prenosne provodnosti G (kod druge) i pogledajte efekte.

+Vcc Voltage Source. Izvor jednosmernog napona od 5 V. Ovaj izvor jednosmernog napona na crtežu ima samo jedan, pozitivan, kraj. Drugi kraj, negativan, je spojen sa masom ali se to na slici ne vidi, što sliku čini jednostavnijom i preglednijom nego kada se koristi baterija od 5 V. Koristi se prvenstveno pri analizi uređaja sa logičkim TTL kolima, ali može i u svim drugim slučajevima kada je potreban izvor jednosmernog napona od 5 V.

+Vdd Voltage Source. Izvor jednosmernog napona od 15 V. I ovaj izvor jednosmernog napona na crtežu ima samo jedan, pozitivan, kraj. Drugi kraj, negativan, je

spojen sa masom ali se to na slici ne vidi, što sliku čini jednostavnijom i preglednijom nego kada se koristi baterija od 15 V. Koristi se prvenstveno pri analizi uređaja sa logičkim CMOS kolima, ali može i u svim drugim slučajevima kada je potreban izvor jednosmernog napona od 15 V.

Clock. Klok, izvor napona četvrtastog (pravougaonog) oblika. Moguće je promeniti mu učestanost , *Duty Cycle* i veličinu napona.

AM Source. Izvor amplitudski modulisanog signala kome je moguće promeniti am-plitudu nosioca (VC), učestanost nosioca (FC), dubinu modulacije (M) i učestanost modulišućeg signala (FM).

FM Source. Izvor frekvencijski modulisanog signala kome je moguće promeniti amplitudu nosioca (VA), učestanost nosioca (FC), indeks modulacije (M), modulišuću učestanost (FM) i ofset (VO).

VCO1. Naponom (ili naponski) kontrolisan oscilator koji stvara napon sinusnog oblika. Na izazu se dobija sinusni napon čija učestanost zavisi od veličine napona između ulaznih priključaka.

VCO2. Naponom (ili naponski) kontrolisan oscilator koji stvara napon testerastog oblika. Na izazu se dobija napon testerastog oblika čija učestanost zavisi od veličine napona između ulaznih priključaka.

VCO3. Naponom (ili naponski) kontrolisan oscilator koji stvara napon pravougaonog
oblika. Na izazu se dobija pravougaoni napon čija učestanost zavisi od veličine napona između ulaznih priključaka.

VCO4. Generator okidnog (triger) impulsa.

PLS. Generator napona oblika "šta god želite", ali uz mnogo truda. Pozovite ovu komponentu na ekran, kliknite na nju pa na dugme sa znakom pitanja i proučite princip rada.

PWL. Sklop pomoću koga može da se menja oblik nekog postojećeg generatora napona.

FSK. Generator FSK signala. Na izlazu se dobija sinusni napon čija učestanost zavisi od veličine napona na ulazu. Kada je na ulazu napon od 5 V (logička jedinica) učestanost je 10 kHz, a kad je napon 0 V (logička nula) učestanost je 5 kHz.Obe učestanosti kao i amplituda izlaznog napona mogu da se promene.

PS. Polinomski generator napona. Kliknite na ovaj generator pa na dugme sa znakom pitanja i pogledajte matematički izraz koji definiše izlazni napon.

NDS. Ovo je jedan visoko sofisticirani generator napona ili struje koji kreira korisnik, u skladu sa svojim potrebama. Kliknite na ovaj generator pa na dugme sa znakom pitanja i pogledajte primer.

Pažnja !!!
Za sve komponente iz poglavlja "Izvori" postoje primeri u folderu
PRIMERI\Primeri iz ove knjige\Biblioteke\4.1.Izvori



4.2. Basic - Osnovne komponente

Sadržaj biblioteke **Basic** je prikazan na slici 18. Kao što se vidi, u ovoj biblioteci se nalaze opšte poznate komponente, otpornici, kalemovi, kondenzatori itd, ali i neke specifične komponente. U tekstu koji sledi biće reči samo o ovim drugim, specifičnim i manje poznatim komponentama, ali su u folderu PRIMERI\Primeri iz ove knjige\Biblioteke\4.2.Basic dati primeri za SVE komponente.

U biblioteci *Basic* se nalaze sledeće komponente:

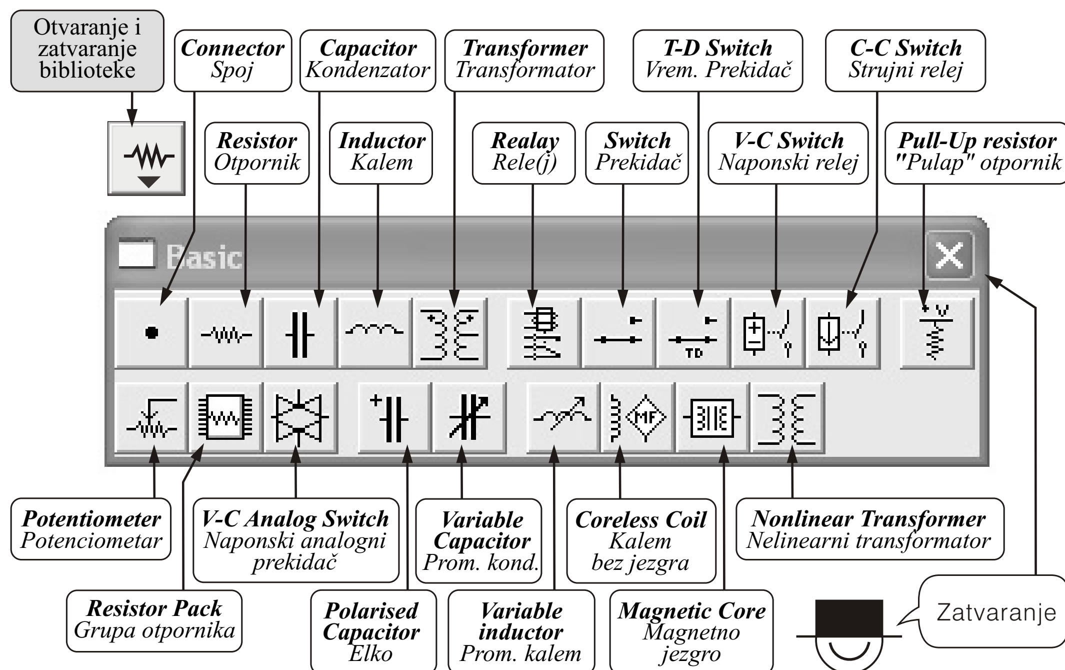
Connector. Tačka u kojoj se spajaju krajevi električnih provodnika (žica), kojima se povezuju komponente. U jednu konektorsku tačku mogu da se spoje najviše četiri provodnika: odozgo, odozdo, sa leve strane i sa desne strane, kao što se najčešće radi i pri crtanju stvarnih električnih šema.

Konektor se poziva na crtež i tretira kao i svaka druga komponenta , može i da se edituje i da joj se dodeli neka oznaka. U većini slučajeva program automatski crta konektore, o čemu će biti reči u glavi "Crtanje električne šeme".

Otpornik, kondenzator, kalem, transformator i **rele** su opšte poznate komponente. Sa nekim specifičnostima, vezanim za EWB, možete da se upoznate tako što ćete da ih dovedete na crtež, kliknete na njih, pa na dugme sa znakom pitanja u *Tool Bar*-u, i proučite šta o njima piše u *Help*-u. Pored toga, korisno je pogledati i primere primene ovih komponenata u EWB-u koji se nalaze u folderu PRIMERI\Primeri iz ove knjige\Biblioteke\4.2.Basic.

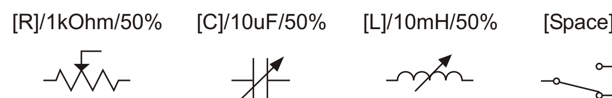
Komponente iz biblioteke *Basic* koje su izdvojeno prikazane na slici 19 su specifične po tome što njihove karakteristične veličine, otpornost, kapacitivnost, induktivnost, mogu da se menjaju direktno sa tastature. Povećavanje veličine se vrši tako što se na tastaturi pritiska diraka sa slovom koje se u oznaci veličine komponente nalazi u uglastim zagradama, a smanjivanje vrednosti tako što se jednim prstom pritisne dirka *Shift* a drugim pritiska pomenuto slovo. Na primer, prva komponenta na slici 19 je potenciometar

čija je vrednost (*Value*) označena sa [R]/1kOhm/50%, što znači da se pomeranje klizača u jednom smeru ostvaruke pritiskom na dirku R, a u suprotnom smeru pritiskom na Shift+R. U ovoj vrednosti, 1kOhm je otpornost potenciometra, a 50% znači da je klizač na sredini.



Slika 18. Biblioteka Basic (Osnovne komponente)

Kada se dva puta klikne na potenciometar, promenljivi kondenzator ili promenljivi kalem otvara se dijaloški okvir koji omogućava da se promene dirka koju treba pritiskati (*Key*), ukupna veličina (*R, L* ili *C*), početna veličina (*Setting*) i korak promene (*Increment*).



Slika 19. Promenljive komponente iz biblioteke Basic

"Vrednost" poslednje komponente na slici 19 je *Space*. To znači da se prebacivanje prepreklopnika iz jednog u drugi položaj vrši prtiskanjem razmaknice (*Space Bar*) na tastaturi.

Ako na crtežu ima više promenljivih komponenata tada slova u oznakama čijim se pritiskanjem vrše promene (*Key*) moraju da budu različita. Medjutim postoje situacije kada je potrebno da se promene veličine više komponenata, recimo tri preklopnika, vrše pritiskom na samo jedno dugme. Tada sve komponente imaju isto slovo (Key) u oznaci.

Time-Delay Switch. Vremenski prekidač, vremensko rele, koji ima dve karakteristične veličine, *Ton* i *Toff*, koje određuju vreme kada će prekidač da se zatvori (*Ton*) i vreme kada će da se ponovo otvori (*Toff*). Na primer, ako je *Ton*=3 i *Toff*=12, tri sekunde po po uključenju glavnog prekidača *T-D* prekidač će da se zatvori, ostaće zatvoren devet sekundi i onda će da se otvori. Obe karakteristične veličine se podešavaju u procesu editovanja.

Voltage-Controlled Switch. Naponom (ili naponski) kontrolisan prekidač. *V-C* pre-kidač ima dve karakteristične veličine, *Von* i *Voff*. Prekidač je zatvoren ako je napon na njegovim kontrolnim priključcima jednak ili veći od *Von*, a otvoren ako je napon manji od *Voff*. Obe karakteristične veličine se podešavaju u procesu editovanja.

Current-Controlled Switch. Strujom kontrolisan prekidač. *C-C* prekidač ima dve karakteristične veličine, *Ion* i *Ioff*. Prekidač je zatvoren ako je struja kroz kontrolne priključke jednaka ili veća od *Ion*, a otvoren ako je struja jednaka ili manja od *Ioff*. Obe karakteristične veličine se podešavaju u procesu editovanja.

Pull-Up Resistor. Otpornik čiji je jedan kraj priključen na pozitivan kraj baterije, a drugi na tačku u nekom logičkom kolu koja treab da bude "povučena" ka naponu V. Editovanjem može da se podesi vrednost otpornosti otpornika i napona baterije V.

Resistor Pack. Paket otpornika. Osam otpornika iste otpornosti u zajedničkom kućištu.

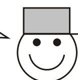
Voltage-Controlled Analog Switch. Naponom kontrolisan prekidač. Prekidač je između levog i desnog priključka. Između gornjeg i donjeg priključka se dovodi kontrolni napon. Kada je ovaj napon veći od *Con*, prekidač je zatoren, a kada je manji od *Coff*, prekidač je otvoren. U stvarnosti, *VCA* prekidači se realizuju kao integrisana kola pa otpornost kada su zatvoreni (*Ron*) nije jednaka nuli, a kad su otvoreni (*Roff*) nije beskonačno velika, što je, praktično posmatrano, sluačj kod običnih, mehaničkih prekidača.

Coreless Coil. Kalem bez jezgra čija je jedina karakteristična veličina (*Value*) broj zavojaka *N*. Na njegovim izlaznim priključcima se dobija napon čija je veličina jednaka proizvodu broja zavojaka i struje (*I*) kroz ulazne priključke : $U_{IZ}=N\cdot I$. Ovaj napon predstavlja magnetomotornu silu kojom, na primer, kalem u releu privlači kotvu. Kalem bez relea, zajedno sa komponentom *Magnetic Core*, se koristi za pravljenje modela raznih indiktivnih i magnetnih kola odnosno komponenata.

Magnetic Core. Magnetno jezgro. Kada se ova komponenta priključi tako da kroz nju teče struja, ta struja predstavlja kontraelektromotornu silu. Najčešće se koristi zajedno sa komponentom *Coreless Coil*. Pri editovanju se unose dimenzije jezgra i magnetne karakteristike materijala od koga je napravljeno.

Nonlinear Transformer. Nelinearni transformator. Napravljen je od komponenata *Coreless Coil*, *Magnetic Core*, otpornika i kalemova. Koristi se za pravljenje modela fizičkih efekata kao što su magnetsko zasićenje, gubici u primaru i sekundaru transformatora, gubici usled rasipanja i dimenzija jezgra.

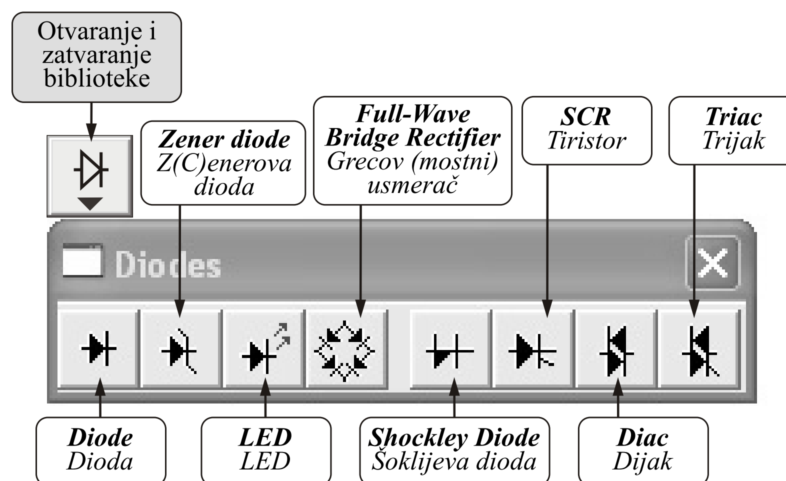
Pažnja !!!
Za sve komponente iz poglavlja "Basic" postoje primeri u folderu
PRIMERI\Primeri iz ove knjige\Biblioteke\4.2.Basic



4.3. Diodes - Diode

Sadržaj biblioteke **Diodes** je prikazan na slici 20. Osim dioda u pravom smislu te reči, u ovoj biblioteci su i tiristor, dijak i trijak. Na žalost, nema i varikap diode ali ona može da se imitira pomoću promenljivog kondenzatora.

Primeri praktične primene komponenata iz ove biblioteke I EWB-u su dati u folderu PRIMERI\Primeri iz ove knjige\Biblioteke\4.3.Diode.

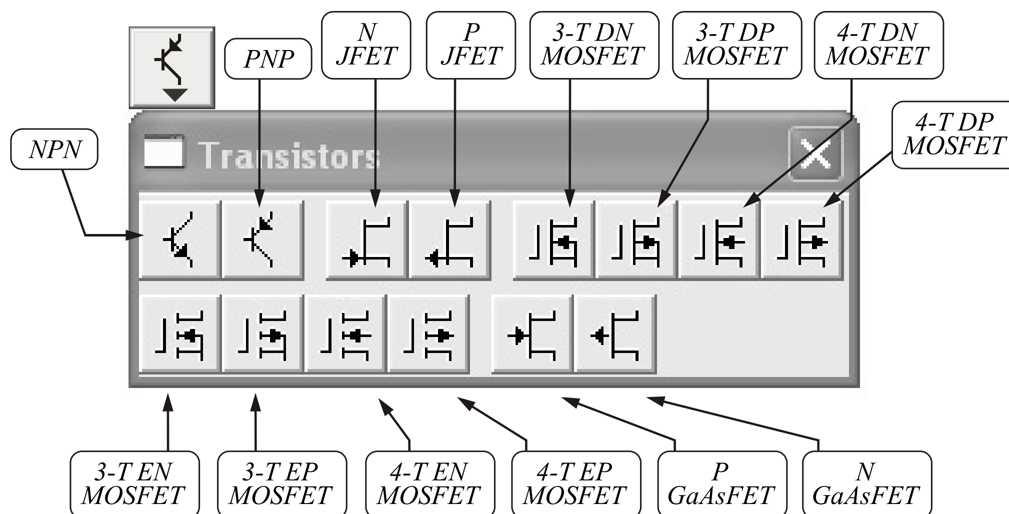


Slika 20. Biblioteka Diodes - Diode

4.4. Transistors - Tranzistori

Sadržaj biblioteke *Transistors* je na slici 21. Pored najčešće korišćenih bipolarnih tranzistora NPN i PNP tipa, u biblioteci je i više vrsta tranzistora sa efektom polja (FET-ova), koji se ređe koriste. O svima njima možete da se detaljno obavestite u *Help*-u, a još detaljnije u knjizi "Elektronika 1", autora Ratka Opačića, u izdanju Zavoda za udžbenike i nastavna sredstava iz Beograda. Primeri primene tranzistora u EWB-u nalaze se u folderu:

PRIMERI\Primeri iz ove knjige\Biblioteke\4.4.Tranzistori./



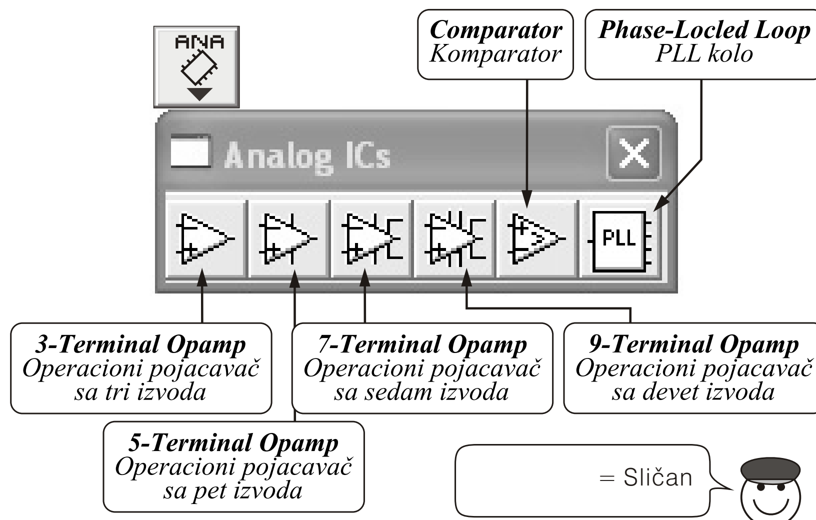
Slika 21. Biblioteka Transistors - Tranzistori

4.5. Analog ICs - Analogna integrisana kola

U ovoj biblioteci, čiji je sadržaj prikazan na slici 22, nalaze se četiri vrste operacionih pojačavača, komparator napona i PLL kolo. O operacionim pojačavačima i komparatoru napona možete da se detaljno obavestite u Help-u, a još detaljnije u knjizi "Elektronika II", autora Ratka Opačića, u izdanju Zavoda za udžbenike i nastavna sredstava iz Beograda.

Primeri primene operacionih pojačavača u EWB-u nalaze se u folderu:

PRIMERI\Primeri iz ove knjige\Biblioteke\4.5.Oper.poj.



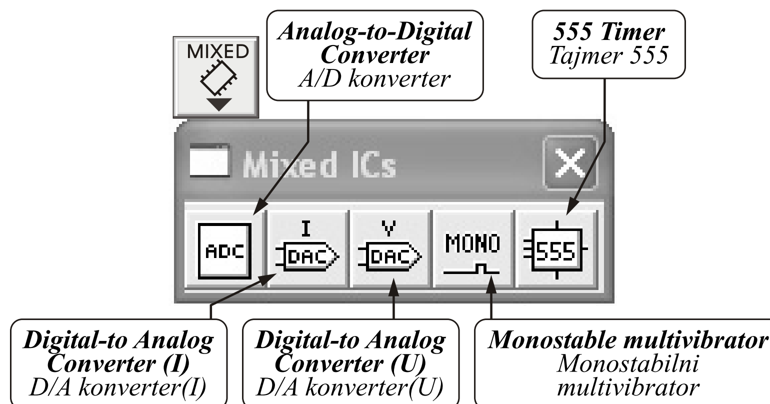
Slika 22. Biblioteka Analog ICs -Analogna integrisana kola

4.6. Mixed ICs - Razna integrisana kola

U ovoj biblioteci, koja je prikazna na slici 23, se nalazi samo pet komponenata: jedan analogno-digitalni i dva digitalno-analogna pretvarača, monostabilni multivibrator i čuveni tajmer 555.

Analog-to-Digital Converter. A/D konverter je koder koji analogni signal pretvara u ekvivalentnu binarnu reč. Na primer, ako se na ulaz A/D konvertora dovedu, redom, jedan za drugim, jednosmerni naponi od 1 V, 2 V, 3 V 4 V, 5 V itd., na izlazu će se, istim redom, dobijati binarni brojevi 0001, 0010, 0011, 0100, 0110 itd.

Digital-to-Analog Converter (I) - D/A konverter je koder koji digitalni signal (binarne reči) pretvara u analognu struju. Na primer, ako se na ulaz D/A konvertora dovedu, redom, jedna za dru-gom, binarne reči 0001, 0010, 0011, 0100, 0110 itd., kroz potrošač na njegovom izlazu će , istim redom, teći jednosmerne struje od 4 A, 8 A, 12 A, 16 A i



Slika 23. Biblioteka Mixed ICs - Razna integrisana kola

20 A itd. Ako je potrošač otpornik, a njegova otpornost je 250 k , na njemu će se dobijati naponi od 1 V, 2 V, 3 V, 4 V, 5 V itd.

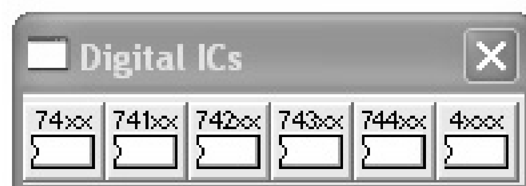
Digital-to-Analog Converter (V) - D/A konverter je koder koji digitalni signal (binarne reči) pretvara u analogni napon. Na primer, ako se na ulaz D/A konvertora dovedu, redom, jedna za drugom, binarne reči 0001, 0010, 0011, 0100, 0110 itd., na njegovom izlazu će se, istim redom, dobijati jednosmerni naponi od 20 mV, 40 mV, 60 mV, 80 mV, 100 mV itd. Ako se na izlaz konvertora stavi operacioni pojačavač čije je pojačanje A=50, na njegovom izlazu će se dobijati naponi 1 V, 2 V, 3 V, 4 V, 5 V itd.

Monostable Multivibrator - Monostabilni flip-flop. Sklop koji na svom izlazu daje impuls kada ulazni okidni impuls pređe sa logičke nule na logičku jedinicu (ako se koristi ulaz A1) ili pređe sa logičke jedinice na logičku nulu (ako se koristi ulaz A2). Trajanje izlaznog impulsa je T=0,693 ·R ·C, gde su R i C otpornost i kapacitivnost otpornika i kondenzatora koji se vezuju kao u primeru u fajlu *07.monostabil.ewb*.

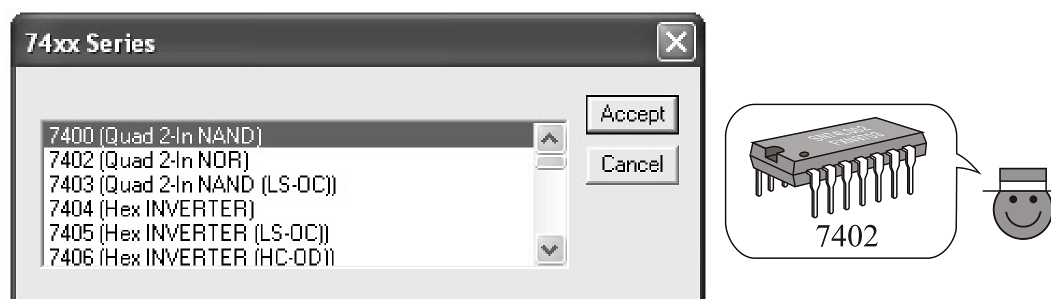
555 Timer. Tajmer 555. Ovo je jedno od najpopularnijih integrisanih kola. Ono može da se poveže na dva načina: kao astabilni multivibrator (astabilni Flip-Flop) i kao monostabilni multivibrator (Flip-Flop sa jednim stabilnim stanjem). Pogledajte primere.

4.7. Digital ICs - Digitalna integrisana kola

U ovoj biblioteci, slika 24, su digitalna integrisana kola iz serije 74XX i serije 4XXX. Ovo nije biblioteka kao ostale, moglo bi da se kaže da je to biblioteka u kojoj se nalazi pet sličnih manjih biblioteka: 74XX, 741XX, 742XX, 743XX i 4XXX. Po otvaranju biblioteke i dovođenju neke od komponenata na ekran, otvara se sadržaj manje biblioteke koja je ista kao i ostale EWB-ove biblioteke. Na primer, do sadržaja manje biblioteke 74XX se stiže tako što se prvo na slci 24 uhvati i dovuče na ekran slika integrisanog kola iznad koga piše 74XX. Odmah po otpuštanju levog dugmeta na mišu, na ekranu se otvara prozor sa slike 25. To je spisak u kome se vide nazivi prvih šest komponenata. Ostale mogu da se vide pritiskanjem dugmeta sa strelicom nadole. Pošto se klikne na željenu komponentu i na dugme *Accept*, komponenta se pojavljuje na radnoj površini. Sve komponente su u DIL pakovanju sa 14



Slika 24. Biblioteka Digital ICs - Digitalna (cifarska) integrisana kola



Slika 25. Biblioteka 74XX

nožica, raspoređenih tako da odgovaraju stvarnom integrisanom kolu kada se gleda odozgo, tako da je u levom gornjem uglu nožica broj 1.

Kod većine, ali ne svih, kola, baterija za napajanje se priključuje između nožica 14 (plus) i 7 (minus). Slike sa logičkim kolima se crtaju sa više simbola za masu (Ground), i tada se nožica 7 i negativan kraj baterije spajaju sa posebnim simbolima za masu.

* Na slikama u knjigama i časopisima, logička kola se predstavljaju svojim posebnim simbolima (I kolo, ILI kolo itd.) i na tim slikama često nema nožica 7 i 14. To se radi zbog uprošćavanja slika, obe ove nožice postoje i podrazumeva se da je 14 povezana sa plusom izvora jednosmernog napona, a 7 sa masom. Naravno, podrazumeva se i da je minus izvora povezan sa masom.

Praktični primeri sa digitalnim kolima su u folderu:

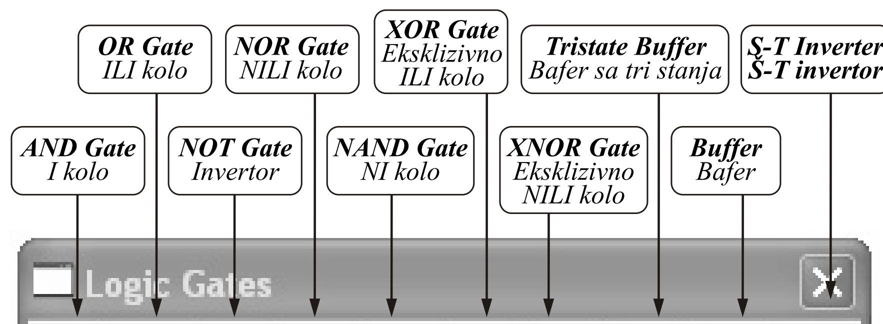
PRIMERI\Primeri iz ove knjige\Biblioteke\4.7.Digit.kola.

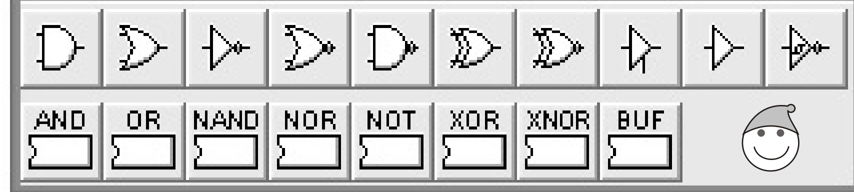
4.8. Logic Gates - Logička kola.

Sadržaj ove biblioteke je prikazan na slici 26. Kao što se vidi, u ovoj biblioteci su razna logička kola, I, ILI, NE, NILI itd. U prvom redu, kola su predstavljena simbolima a u drugom su integrisana kola iz serija 40XX i 74XX u kojima se nalaze ta logička kola. Komponente iz prvog reda se dovode na radnu površinu na uobičajen način, kao i komponente većine ostalih biblioteka, a komponente iz drugog reda na način opisan u prethodnom poglavlju.

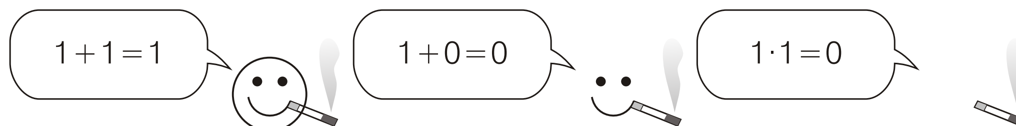
Praktični primeri sa digitalnim kolima su u folderu:

PRIMERI\Primeri iz ove knjige\Biblioteke\4.8.Log. Kola.





Slika 26. Biblioteka Logic Gates - Logička kola



4.9. Digital - Digitalna kola.

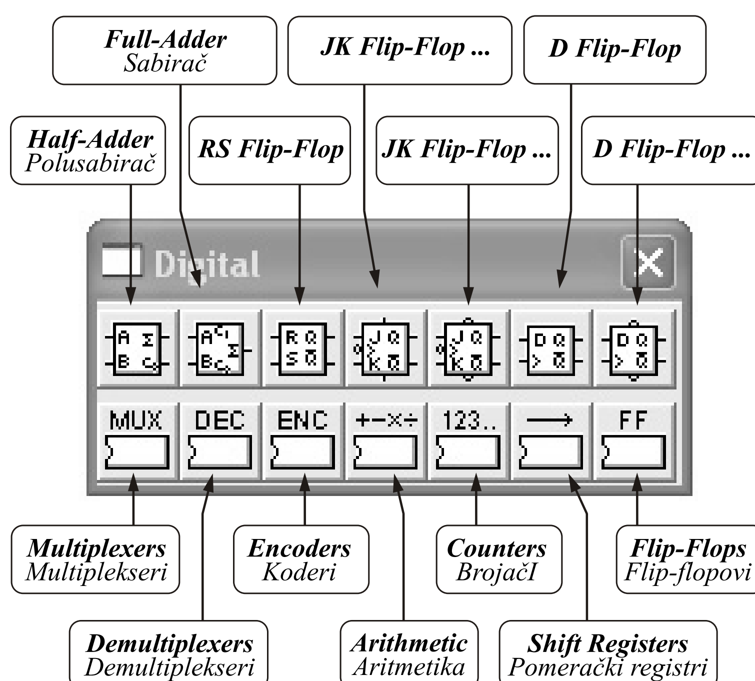
U ovoj biblioteci, čiji je sadražaj prikazan na slici 27, su različita digitalna kola koja se najčešće koriste u praksi. U gornjem redu na slici 27 su komponente koje se na radnu površinu dovode kao i komponente iz većine ostalih biblioteka. Za donji red bi moglo da se kaže da je to, ustvari, zgrada u kojoj se nalazi sedam biblioteka, svaka sa posebnom vrstom digitalnih kola. Komponente iz prvog reda su:

Half-Adder - Polusabirač. Kolo u kome se obavlja sabiranje binarnih brojeva, ali bez mogućnosti uključenja spoljneg (prethodnog) prenosa. (1 plus 1 jednako 10: 0 pišem a 1 prenosim). Pravila pri binarnom sabiranju su: 0+0=0; 1+0=1; 0+1=1 i 1+1=0, a 1 prenosim. Prenos se pojavljuje na nožici *CO*.

Full-Adder - Sabirač. Modifikacija polusabirača, sa mogućnošću dodavanja spoljneg prenosa. Ovaj prenos se dodaje preko nožive CI.

R(eset)S(et) Flip-Flop. Flip flop koji se SETuje logickom jedinicom na ulazu S, a RESETuje logickom jedinicom na ulazu R. Stanje kada su na oba ulaza logicke jedinice nije dozvoljeno.

JK Flip-Flop with Active High Asynch Inputs - JK flip-lop koji se okida (izlaz prelazi iz jednog u drugo stanje) opadajucom ivicom okidnog impulsa na ulazu CLK, sto omogucuje sinhronizaciju rada sa radom ostalih kola u uređaju. Signali (impulsi) CLR i PRE su aktivni kada su logicke jedinice.



Slika 27. Biblioteka Digital

JK Flip-Flop with Active Low Asynch Inputs - JK flip-flop sličan prethodnom. Jedina razlika je u tome što su signali CLR i PRE aktivni kada su logicke nule.

D Flip-Flop. D flip flop se koristi kao memorijska ćelija za skladištenje podataka. Stanje ulaza se prenosi na izlaz za vreme pozitivne (prednje) ivice pozitivnog impulsa na kontrolnom ulazu CLK.

D Flip-Flop with Active Low Asynch Inputs. Ovaj flip-flop je sličan prethodno opisanom D flip-flopu. Jedina razlika je u okidanju. Prenos stanja sa ulaza na izlaz se vrši za vreme zadnje (opadajuće) ivice pozitivnog impulsa na kontrolnom ulazi *CLK*.

Multiplexers - Multipleksери (selektori podataka). Jednostavno govoreći, multiplekseri imaju više ulaza i više izlaza i u njima se, pod određenim uslovima, logička stanja sa nekih ulaza prenose na neke od izlaza. Osnovni (*Generic*) multiplekser ima dvanaest ulaza i dva izlaza. Ulazi su osam linija sa podacima, tri kontrolne linije i jedan *Enable* ulaz, a izlazi su *Y* i *W*, s tim što je *W* invertovano *Y.* U zavisnosti od stanja (nule ili jedinice) na ulazima *C, B i A*, multiplekser stanje sa jednog od ulaza *D0, D1...D7* prenosi na izlaz *Y*. Ako je na ulazu *G'* logička nula, na izlaz W se prenosi komplement od Y.

Demultiplexers - Demultiplekseri. Kao što im ime kaže, demultiplekseri obavalaju posao suprotan (komplementaran) poslu koji obavljaju multiplekseri. Osnovni (*Generic*) multiplekser ima četiri ulaza i osam izalaza. Ulazi su *G', C, B* i *A* a izlazi 0', 1', 2'...7'. Logička nula sa ulaza *G'* se prenosi na jedan od izlaza, onaj koji je određen stanjima na ulazima *C, B i A*, pri čemu je na svim ostalim izlazima logička jedinica. Ako je na ulazu *G'* logička jedinica, na svim izlazima je logička jedinica.

Encoders - koderi. U ovoj biblioteci se nalazi četiri kodera sa prioritetom, koji kodiraju liniju (sa podacima) najvišeg reda. Pored njih, tu je i kolo 7417. Osnovno (*Generic*) kolo ima jedanaest ulaza (*1, 2...7, E0, Ei i GS*) i tri izlaza (*C, B i A*).

Arithmetic - Aritmetika. Ovo je biblioteka u kojoj se nalazi samo jedna komponenta, ALU - aritmetičko logička jedinica, u kojoj se obavljaju osnovne matematicke operacije (sabiranje, oduzimanje, množenje i delenje). Pogledajte primer.

Counters - Brojači. U ovoj biblioteci je više različitih brojača. Osnovni (Generic) je *4-bit Binary Counter*. On ima četiri ulaza (*CLKA, CLKB, RO1* i *RO2*)) i četiri izlaza (*D, C, B* i *A*). Impulsi koji se broje se dovode na ulaz *CLKA* a njihov broj se, u heksadecimalnom obliku, dobija na izlazima *D, C, B* i *A*. Izlaz *A* mora da se poveze sa ulazom *CLKB*. Resetovanje se obavlja istovremenimdovođenjem logičke jedinice na ulaze *R01* i *R02*.

Shiht Registers - Pomerački registri. Osnovni registar je 4-bitni register sa deset ulaza i četiri izlaza. On može da radi sa podacima na sledeće načine: serijski ulaz - serijski izlaz, paralelni ulaz - paralelni izlaz, pomeranje ulevo i pomeranje udesno.

Flip-Flops - Flip flopovi. U ovoj biblioteci je veći broj različitih flip-flopova.



4.10. Indicators - Indikatori.

Sadržaj biblioteke Indikatori (pokazivači) je prikazan na slici 28. U njoj se nalaze instrumenti i uređaji pomoću kojih se mere, ili samo konstatuje postojanje napona i struja u pojedinim tačkama i granama električnog kola koje se analizira.

Voltmetar se koristi za merenje jednosmernog napona ili efektivne vrednosti naizmeničnog napona između tačaka u koje su priključeni njegovi krajevi. Pri merenju jednosmernih napona, priključak voltmetra koji je spojen sa većom stranicom pravougaonika koja je nacrtana debljom linijom, na slici 28-a to je donja stranica, predstavlja negativan priključak voltmetra. Priključak spojen sa suprotnom stranicom je pozitivan. Ako se pri merenju jednosmernog napona na voltmetru pojavi negativan broj, to znači da je pozitivan kraj voltmetra spojen sa tačkom koja je na nižem potencijalu od tačke u koju je priključen negativan kraj.

Specificiranje vrste rada se vrši tako što se dva puta klikne na sliku voltmetra. Otvara se dijaloški okvir *Voltmeter Properties* u kome može da se odabere *DC* (jednosmerni napon) ili *AC* (naizmenični napoan). U istom dijaloškom okviru može da se promeni i ulazna otpornost voltmetra, koja je po difoltu *R*=1 M . Ova otpornost treba da je znatno veća od otpornosti između tačaka u koje je priključen voltmetar. Ovu otpornost ne treba mnogo povećavati jer to otežava rad EWB-a, a povećanje tačnosti je praktično zanemarljivo malo.

Broj voltmetara koji se koriste nije ograničen.

Ampermetar se koristi za merenje jednosmerne struje ili efektivne vrednosti naizmenične struje. Vezuje se na red sa komponentom kroz koju merimo jačinu struje. Priključak spojen sa podebljanom stranicom, na slici 28-b to je desna stranica, je negativan priključak. Onaj drugi je pozitivan. Ako se pri merenju jednosmerne struje na ampermetru pojavi negativan broj to znači da struja teče od od negativnog ka pozitivnom priključku.

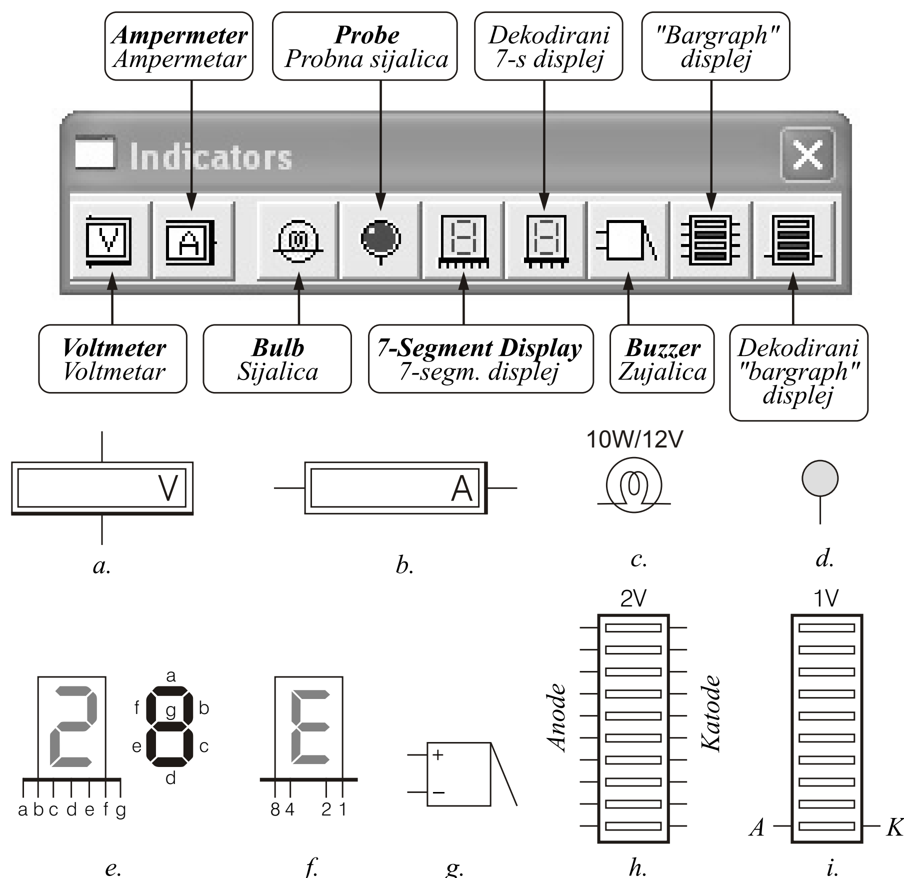
Po dvostrukom kliku na sliku ampermetra otvara se dijaloški okvir u kome može da se odabere vrsta rada, *DC* (jednosmerna struja) ili *AC* (naizmenična struja). U istom dijaloškom okviru može da se promeni i veličina unutrašnje otpornosti, koja je po difoltu *R*=1 m . Ona treba da bude znatno manja od otpornosti komponente sa kojom je vezana na red, ali u smanjivanju ne treba preterivati jer to može da oteža rad EWB-a, a povećanje tačnosti je praktično zanemarljivo malo.

Na šemi može da se koristi više ampermetara.

Sijalica , slika 28-c, je pretvarač električne energije u svetlosnu energiju. Njene osno-vne karakteristike su snaga i napon. Po difoltu one su P_{max}=10 W i U_{max}=12 V, ali mogu da se promene, tako što se dva puta klikne na sijalicu i upišu nove vrednosti. Ako je napon na sijalici manji od U_{max} sijalica ne svetli, a ako je veći - sijalica pregori.

Kada se sijalica koristi u kolu naizmenične struje, U_{max} je maksimalna a ne efektivna vrednost napona na sijalici.

Probe - Logička sonda (sl. 28-d) se sastoji od LED diode i rednog otpornika. Jedan kraj te veze je spojen sa masom. Ovaj spoj se ostvaruje automatski čim se sonda dovede na sliku i ne vidi se. Drugi kraj sonde je priključak koji postoji na slici sonde. Kada se na ovaj priključak dovede pozitivan napon veći od 2,5 V, dioda svetli (postane crvena), a ako je napon manji od 2,5 V - dioda ostaje ugašena. Sonda može da se koristi za različite indikacije ali je njena glavna primena u analizi digitalnih kola, gde se koristi za pokazivanje da li je u nekoj tački kola logička jedinica ili logička nula.



Slika 28. Biblioteka Indicators - Indikatori

Pri upotrebi sonde, na crtežu mora da postoji masa koja je spojena sa negativnim krajem baterije za napajanje.

Promena logičkih nivoa se ostvaruje tako što se dva puta klikne na sondu, pa na *Models* i *Edit* i upišu željene vrednosti.

Seven-Segment Display - 7-segmentni displej je optički pokazivač sastavljen od sedam dioda u obliku štapića, raspoređenih kao na slici 28-e. Anode dioda su obeležene slovima a, b, c, d, e, f i g. Na red sa svakom diodom je vezan po jedan zaštitni otpornika a drugi krajevi otpornika su spojeni sa masom. Ovi spojevi sa masom se ne vide na slici, a ostvaruju se automatski, čim se displej dovede na sliku. Zbog toga na crtežu mora da postoji masa koja je spojena sa negativnim krajem baterije za napajanje. Paljenje dioda se vrši tako što se na odgovarajuću nožicu dovede pozitivan napon veći od 2,5 V. Tako, na primer, ako se pozitivan napon od 5 V dovede na nožice označene sa a, b, d, e i g, na displeju se pojavljuje cifra 2. Različitim kombinacijama napona na nožicama displeja moguće je napisati sve cifre iz heksadecimalnog sistema (0, 1, 2, 3,...9, A, B,...F).

Decoded Seven-Segment Display - Dekodirani 7-segmentni displej je prikazan na slici 28-f. Na njemu takođe mogu da se napišu sve cifre iz heksadecimalnog sistema. To se ostvaruje tako što se na njegove ulaze dovede 4-bitni ekvivalent broja koji treba da se pojavi na displeju. Na primeri ako se logičke jedinice (pozitivni naponi veći od 2,5 V) dovedu na nožice 1 i 8, na slici 28-f, na displeju je cifra 9, a ako se dovedu na nožice 8, 4 i 2, na displeju je cifra E.

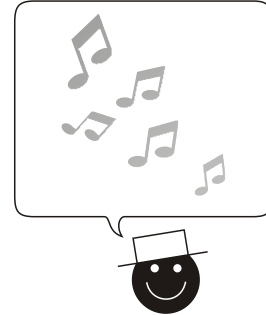
Buzzer - Bazer, zujalica, slika 28-g, je komponenta koja stvara složeni ton, u obliku zujanja odnosno pištanja, koji se čuje preko zvučnika u kompjuteru. On počinje da svira kada napon koji se dovede na priključke postane veći od neke vrednosti, koja se definise u dijaloškom okviru koji se otvara kada se dva puta klikne na ikonu bazera. U istom

okviru može da se promeni i učestanost tona.

Bazer je jedina zvučna komponenta u EWB-u i vrlo je zgodan za korišćenje pri testiranju šema alarma i sličnih uređaja. Međutim, moguće ga je koristiti i pri testiranju drugih uređaja, da "jasno i glasno" upozori da je neki napon postao veći od neke definisane vrednosti.

Bargraph Display - Bargraf displej , slika 28-h, se sastoji od deset LED dioda u obliku štapića, poređanih jedan iznad drugog. Diode se pale kada struja kroz njih postane jednaka *ION*, čija veličina može da se podesi kada se dva puta klikne na na sliku bargrafa.

Decoded Bargraoh Display - Dekodirani bargraf displej, slika 28-i, se sastoji od deset LED dioda i dekodera, tako da ima samo dva priključka, A i K, između kojih se dovodi napon koji treba predstaviti vizuelno. Ako je napon jednosmeran, tada pozitivan pol treba da je povezan sa tačkom A. Dok je napon manji od 1 V, ne svetli ni jedna dioda. Kada napon poraste na 1 V, upali se prva (donja) dioda, kada napon poraste na 2V upali se i druga dioda itd. Kada napon dostigne 10 V, upaljene su sve diode. Ako se na displej dovede promenljivi napon diode će redom da se pale (dok napon raste) i gase (dok napon opada). Veličina napona pri kome dolazi do paljenja može da se edituje na uobičajen način.



4.11. Controls - Kontrole

U ovoj biblioteci, slika 29, se nalaze komponente kojima se ostvaruju različite matematičke operacije kao i kola za ograničavanje napona i struje.

Differentiator - Diferencijator je sklop na čijem se izlazu dobija napon koji je jednak prvom izvodu (po vremenu) ulaznog napona.

Integrator - Integrator je sklop na čijem se izlazu dobija napon koji je jednak integralu ulaznog napona.

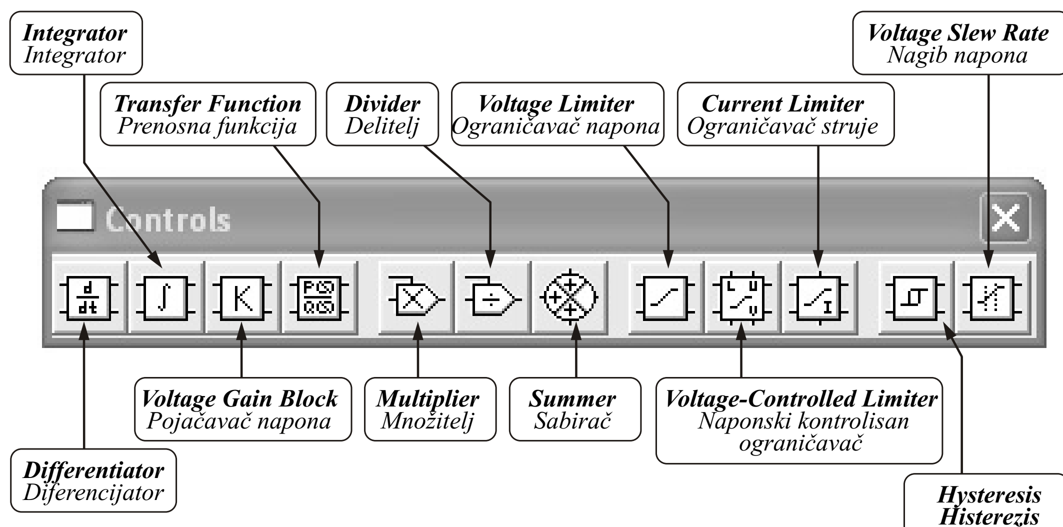
Gain Block - Pojačavač napona je sklop na čijem se izlazu dobija napon čija je veličina jednaka proizvodu pojačanja pojačavača i veličine ulaznog napona, $u_{iz}=K\cdot u_{ul}$.

Transfer Function Block - Prenosna funkcija. Ovom komponentom se modeluje prenosna funkcija uređaja, kola ili sistema u *s* domenu. Prenosna funkcija se definise kao odnos dva polinoma trećeg reda.

Multiplier - Množitelj (umnožač) je sklop sa dva ulaza (X i Y) i jednim izlazom (OUT). Na izlazu množitelja se dobija napona koji je jednak proizvodu napona na ulazima: $U_O=U_X\cdot U_Y$. Ovo je izuzetno korisna komponenta jer omogućuje jednostavno merenje snage, ostvarivanje amplitudske modulacije i sličnih postupaka kada je neka veličina srazmerna proizvodu drugih veličina.

Divider - Delitelj je sklop sa dva ulaza (X i Y) i jednim izlazom (OUT). Na izlazu se dobija napona koji je jednak količniku napona na ulazima: $U_O=U_Y/U_X$. I ovo je vrlo korisna komponenta jer omogućuje jednostavno ostvarivanje postupaka kada je neka veličina srazmerna količniku drugih veličina.

Three-Way Voltage Summer - Sabirač tri napona je komponenta sa tri ulaza (A, B i C) i jednim izlazom (OUT). Izlazni napon je jednak aritmetičkom zbiru napona na ulazima.



Slika 29. Biblioteka Controls

Voltage Limiter - Ograničavač napona je komponenta čiji izlazni napon ne može da bude veći od neke definisane veličine (VU), ni manji od neke definisane veličine (VL). Obe ove veličine se podešavaju na uobičajani način tokom editovanja. Jednostavno rečeno, kad se na ovaj ograničavač dovede neki napon, sve što je veće od napona VU i sve što je

manje od napona VL , biće odsečeno ili, kako govore radio-amateri, biće klipovano. Naravno, ako se ulazni napon nalazi između VU i VL, on će se na izlazu pojaviti nepromenjenog oblika.

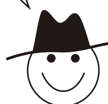
Voltage-Controlled Limiter - Naponski kontrolisan ograničavač je ograničavač napona kod koga se, pomoću spolja dovedenih napona, definišu granice iznad ili ispod koje će sve biti odsečeno.

Current Limiter Block - Ograničavač struje je komponenta koja, na visokom nivou apstrakcije, predstavlja model operacionog pojačavača.

Voltage Hysteresis - Naponski histerezis je razdvojni stepen (bafer) sa histerezisom izlaznog napona u odnosu na ulazni napon.

Voltage Slew Rate - Nagib napona je komponenta koja ograničava nagib (strminu) prednje i zadnje (uzlazne i silazne) ivice izlaznog napona na neke definisane veličine.

Kod sve tri prethodne komponente, Množitelj, Delitelj i Sabirač, moguće je podesiti pojačanje svakog od ulaznih signala, kao i pojačanje svakog izlaznog signala. Inače, po difoltu, sva ova pojačanja su K=1.



4.12. Miscellaneous - Razno

U ovoj biblioteci se, kao što joj i ime govori, nalaze različite komponente. Njen sadržaj je prikazan na slici 30.

Fuse - osigurač je otporna komponenta koja se vezuje na red sa potrošačem koga treba zaštiti od velikih porasta napona izvora za napajanje, koji dovode do pojave velikih struja koje bi mogle da prouzrokuju oštećenja. Osigurač, u takvim slučajevima, jednostavno pregori i prekine kolo struje. Glavna karakteristika EWB-ovog osigurača je upravo struja pri kojoj osigurač pregoreva. U kolima sa naizmeničnom strujom, struja pri kojoj osigurač pregoreva je maksimalna (ne efektivna) vrednost struje.

Write Data - Zapis podataka je komponenta koja omogućava snimanje podataka analize kola (podataka simulacije rada tog kola) u tekstualnom obliku u ASCII fajl. U prvoj koloni snimljenog teksta su vremena a u sledećih osam su veličine napona u tim vremenima, u čvorovima u koje su priključeni priključci komponente.

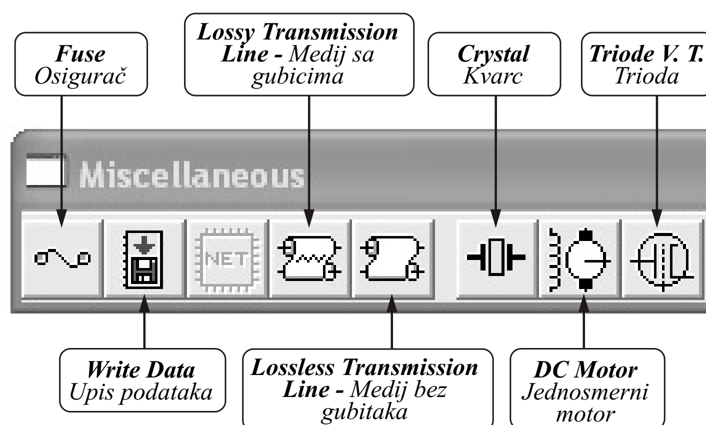
Lossy Transmission - Prenos sa gubicima je komponenta kojom se modeluje (imitira) medij (sredina) kroz koju se vrši prenos električnih signala. Najpoznatiji primer ovakvih medija su električni vodovi, ali to mogu da budu i druge sredine koje karakterišu slabljenje, karakteristična impedansa i vremensko kašnjenje.

Lossless Transmission - Prenos bez gubitaka. Isto šrt i prethodno ali bez gubitaka.

Crystal - Kristal kvarca je elektro-mehanička komponenta koja se u električnom kolu ponaša kao složeno oscilatorno kolo koje ima dve rezonantne učestanosti, rednu i paralelnu. Ovo oscilatorno kolo se od istog takvog kola koje bi bilo sastavljeno od posebnih komponenata razlikuje po tome što ima mnogo veći faktor dobrote Q.

DC Motor - Motor na jednosmernu struju je univerzalna komponenta koja služi za modelovanje jednosmernih motora koji se pobuđuju redno, u paralelu ili iz dve posebne baterije. Napon na posebnoj elektrodi je brojno jednak broju obrtaja motora u minutu.

Triode Vacuum Tube - Trioda je prva aktivna pojačavačka komponenta u istoriji, 2007. godine će da proslavi stogodišnjicu rođenja. Koriste je i danas zaluđenici u Hi-Fi audio pojačavače. Po principu rada, a, u izvesnoj meri i po karakteristikama, triodin najbliži rođak je N-kanalni MOSFET.

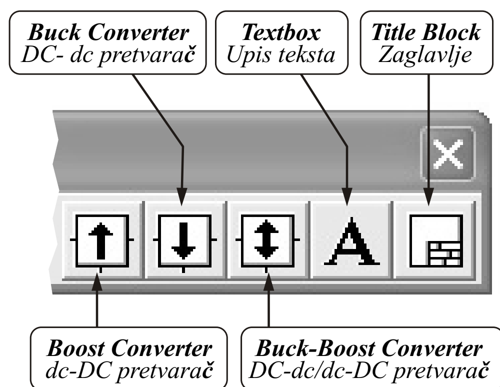


Slika 30-a. Biblioteka Miscellaneous - Razno - prvi deo

Boost (Step-Up) Converter - DC-DC pretvarač je komponenta pomoću koje se ostvaruju uređaji kojima se, po prekidačkom principu, jednosmerni napon pretvara u veći jednosmerni napon. Imaju ulaz (IN), izlaz (OUT) i kontrolni ulaz (D). Izlazni napon je dat obrascem $U_{iz}=U_{ul}/(1-D)$, u kome je sa D označen "Duty Cycle" oscilatora unutar kola. Inače, D je proporcionalan veličini napona između kontrolnog ulaza i mase. To znači, da što god je taj napon manji, izlazni napon je veći.

Buck (Step-Down) Converter - DC-DC pretvarač je komponenta pomoću koje se ostvaruju uređaji kojima se, po prekidačkom principu, jednosmerni napon pretvara u manji jednosmerni napon. Imaju ulaz (IN), izlaz (OUT) i kontrolni ulaz (D). Izlazni napon je dat obrascem $U_{iz}=U_{u}\cdot D$, u kome je sa D označen "Duty Cycle" oscilatora unutar kola. Inače, D je proporcionalan veličini napona između kontrolnog ulaza i mase. To znači, da što god je taj napon manji i izlazni napon je manji.

Textbox - Upis teksta. Ova "komponenta" omogućuje da se na crtežu napiše neki tekst, objašnjenje, uputstvo, komentar i slično, koji mogu da budu korisni pri nekoj kasnijoj upotrebi, recimo posle sto godina. Komponenta se dovuče na crtež i dva puta klikne na nju, što dovodi do otvaranja prozora u kome se piše. Dugme *Set Font* omogućuje izbor oblika, stila i veličine slova. Inače, ovaj tekst nema nikakvog uticaja na električno kolo na crtežu.

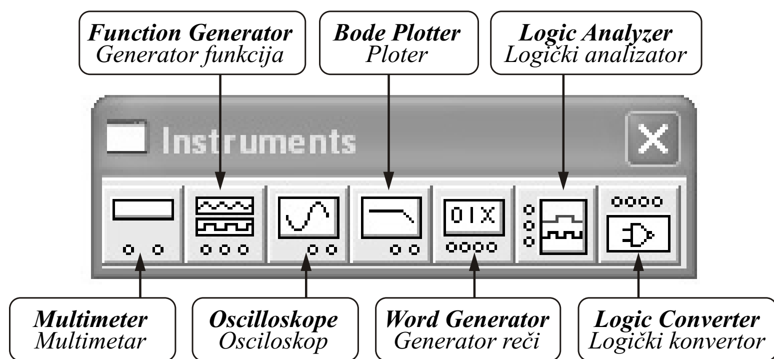


Slika 30. Biblioteka Miscellaneous - 2. deo

Title Block - Zaglavlje. U donjem desnom uglu svih tehničkih crteža nalazi se tzv. zaglavlje u kome se nalaze naziv crteža, imena konstruktora i crtača, zatim datum izrade i sl. Pošto se dovede na crtež, klikne se dva puta na njega, što dovodi do otvaranja prozora u kome se unose navedeni podaci.

4.13. Instruments - Instrumenti

U biblioteci *Instruments* (sl. 31) se nalazi sedam instrumenata koji se koriste pri različitim električnim i elektronskim merenjima. Vrlo je korisno pogledati šta o njima piše u *Help*-u (kliknite na instrument pa na dugme sa znakom pitanja u *Tool Bar*-u), kao i primere u folderu PRIMERI\Primeri iz ove knjige\Biblioteke\4.13.Instrumenti



Slika 31. Biblioteka Instruments - Instrumenti

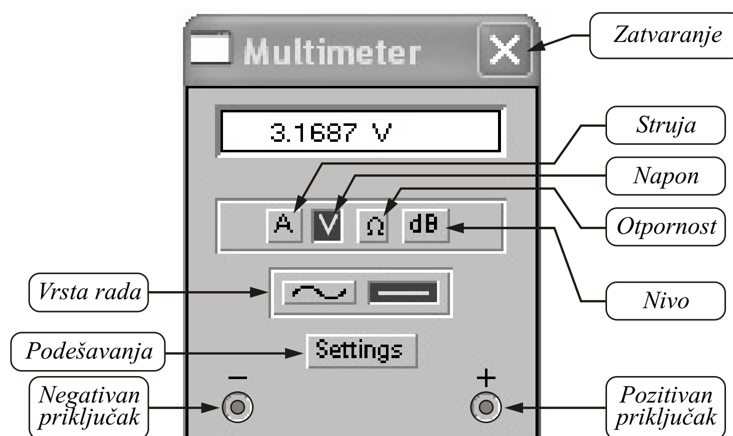
Instrumenti se pozivaju na ekran kao i sve druge komponente: otvori se biblioteka *Instruments*, uhvati ikona instrumenta i dovuče na svoje mesto na radnom stolu, i poveze sa kolom u kome se koristi. Posle toga se dva puta klikne na ikonu, što dovodi do otvaranja velike slike prednje strane instrumenta, na kojoj su sve potrebne komande za podešavanje instrumenta. Pomeranje ove slike, tako da ne zaklanja šemu, se obavlja tako što se kursor stavi na polje u kome je naziv instrumenta, pritisne levo dugme, instrument pomeri na novo mesto i otpusti dugme. Zatvaranje velike slike instrumenta se vrši klikom na znak X u gornjem desnom uglu.

Multimetar je instrument koji se u praksi najčešće koristi jer omogućuje brzo i jednostavno merenje napona, struja, otpornosti i nivoa signala. Njegova cena je izuzetno niska pa je multimetar, skoro uvek, prvi instrument svih ljubitelja elektrotehnike. Naravno, postoje multimetri i MULTIMETRI, sve u skladu sa narodnom izrekom: koliko para - toliko muzike.

Kad se ikona multimetra dovuče na crtež i dva puta klikne na nju, dobija se slika 32. To je prednja strana multimetra. Priključci preko kojih se multimetar priključuje u kolo su obeleženi sa + i – . Uloge dugmadi su:

A - merenje struje,
V - merenje napona,
- merenje otpornosti,

dB - merenje nivoa,
~ - naizmenični (napon ili struja),
– - jednosmerni (napon ili struja) i
Settings - podešavanje vrednosti otpornosti ampermetra, otpornosti voltmetra, struje koju om-metar stvara kroz komponentu čija se otpornost meri i referentnog napona pri merenju nivoa.



Slika 32. Multimetar

Vrsta merenja se odabira tako što se klikne na odgovarajuća dugmeta. Na slici 32, kliknuto je na dugmeta V i – , pa je instrument spreman za merenje jednosmernih napona. U konkretnom primeru, jednosmerni napon između tačaka u koje su priključene pozitivna i negativna sonda (provodnici kojima se instrument povezuje sa kolom), je 3,1687 V. Ako želimo da merimo jednosmernu struju, na slici 32 treba kliknuti na dugme A. Biranje odgovarajućeg mernog opseg, što je značajno kod stvarnog multimetra, ovde nije potrebno, to se obavlja automatski.

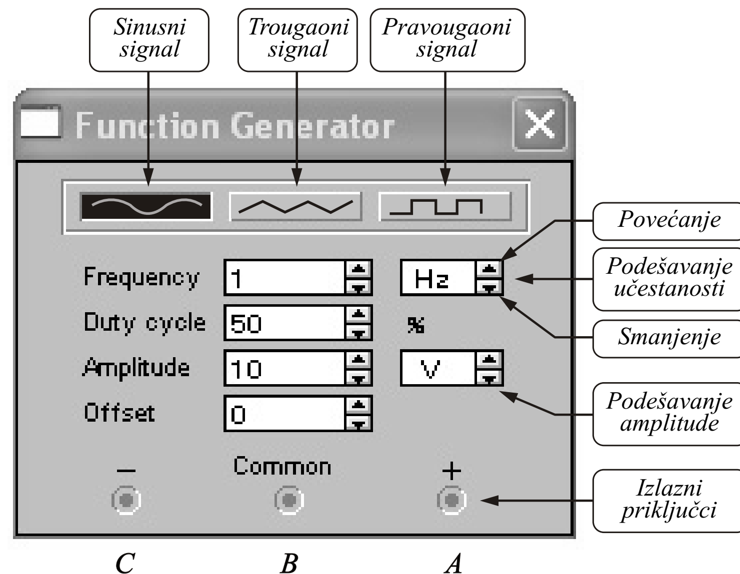
Pri merenju otpornosti klikne se na dugmeta i –. Da bi ovo merenje bilo tačno, kliknite na ikonu multimetra pa, redom, na znak pitanja u *Tool Bar*-u, *Mesurement Options* i , i proučite uslove koje treba ispuniti.

Generator funkcija je instrument koji generiše (stvara) naizmenične napone sinusnog, trougaonog ili pravougaonog oblika. Dovođenje na radnu površinu i otvaranje generatora funkcija se vrši na isti način kao i u slučaju multimetra: u otvorenoj biblioteci *Instruments* vrh pointera se stavi na ikonu generatora, pritisne levo dugme na mišu, miš pomera dok generator ne dođe na svoje mesto na crtežu i otpusti levo dugme. Zatim se dva puta klikne na ikonu generatora, i na crtežu se pojavljuje prednja strana generatora, kao na slici 33.

Biranje vrste signala (napona koji proizvodi generator) se vrši tako što se klikne na jedno od tri dugmeta na kojima su nacrtani oblici signala: sinusni, trougaoni ili pravougaoni. Na slici 33 je kliknuto na prvo dugme, pa generator stvara napon sinusnog oblika.

Učestanost napona generatora može da se menja od 1 Hz do 999 MHz, a amplituda od 1 V do 999 kV. Podešavanje potrebnih vrednosti se vrši kliktanjem na odgovarajuća mala dugmeta na kojima su nacrtani trouglovi.

Napon odabranog talasnog oblika se dobija između priključka obeleženog sa + (A na slici 33) i priključka obeleženog sa *Common* (B na slici 33). Između priključka obeleženog sa – (C na slici) se dobija isti takav ali invertovan napon.



Slika 33. Generator funkcija

Umesto generatora funkcija, kao izvor sinusnog napona može da se koristi *AC Voltage Source*, a kao izvor pravougaonog napona - *Clock*, oba iz biblioteke *Sources*.

Osciloskop je instrument koji korisnicima omogućuje da vide talasne oblike napona, da izmere njihove amplitude, učestanosti, fazne stavove itd. Na crtež se dovodi i otvara na isti način kao i multimetar i generator funkcija. Prednja strana EWB-ovog osciloskopa je prikazna na slici 34.

Dve najvažnije stvari koje kod osciloskopa treba ispravno podesiti su veličina vremenske baze (*Time base*) i veličina osetljivosti (V/Div - volti po podeoku).

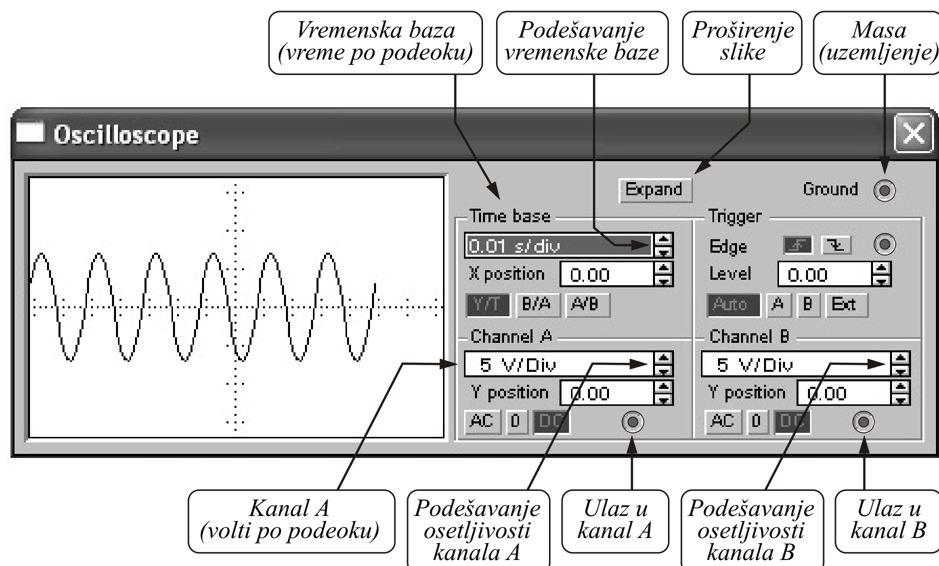
Vremenska baza

Na slici 34 vremenska baza je 0,01 s/div tj. 0,01 sekundi po podeoku, gde je podelak rastojanje između dve usparavne linije na ekranu osciloskopa. Ove linije se ne vide na slici 34 jer je to umanjena slika osciloskopa. Vide se na uvećanoj slici, koja je prikazna na slici 35. Povećanje ili smanjenje vremenske baze se ostvaruje tako što se klikće na jedno od dva mala dugmeta na kojima su nacrtani trouglovi, koja su na slici 34 označeni sa "Podešavanje vremenske baze". Ako učestanost signala koji posmatramo pomoću osciloskopa obeležimo sa *f*, da bi se na ekranu dobila upotrebljiva slika, vremensku bazu treba podesiti na vrednost:

$$Time\ base \quad \frac{1}{4f}$$

Nije neophodno da vremenska baza bude podešena tačno na izračunatu vrednost, u većini praktičnih slučajeva to i nije moguće, prva veća ili manja vrednost koja može da se ostvari pomoću dugmadi "Podešavanje vremenske baze" je zadovoljavajuća vrednost.

Na primer, ako pomoću osciloskopa posmatramo napone u nekom električnom kolu





Slika 34. Osciloskop

koje je priključeno na mrežni napon, čija je učestanost f=50 Hz, optimalna vrednost vremenske baze je *Time base*=1/(4·50)=0,005 s/div=5 ms/div. Na isti način, ako se posmatra napon učestanosti f=800 kHz, optimalna vrednost *Time base*=1/(3200·10^3)=0,3125 s/div. Ova vrednost ne može da se podesi, pa se koristi njoj najbliža vrednost, a to je 0,5 s/div.

Osetljivost

Na slici 34 osetljivost oba kanala je 5V/Div (pet volti po podeoku), gde je podelak rastojanje između dve horizontalne linije na slici 35. Osetljivost, koju ćemo za kanal A obeležimo sa *OA*, treba podesiti na vrednost koja je približno jednaka veličini:

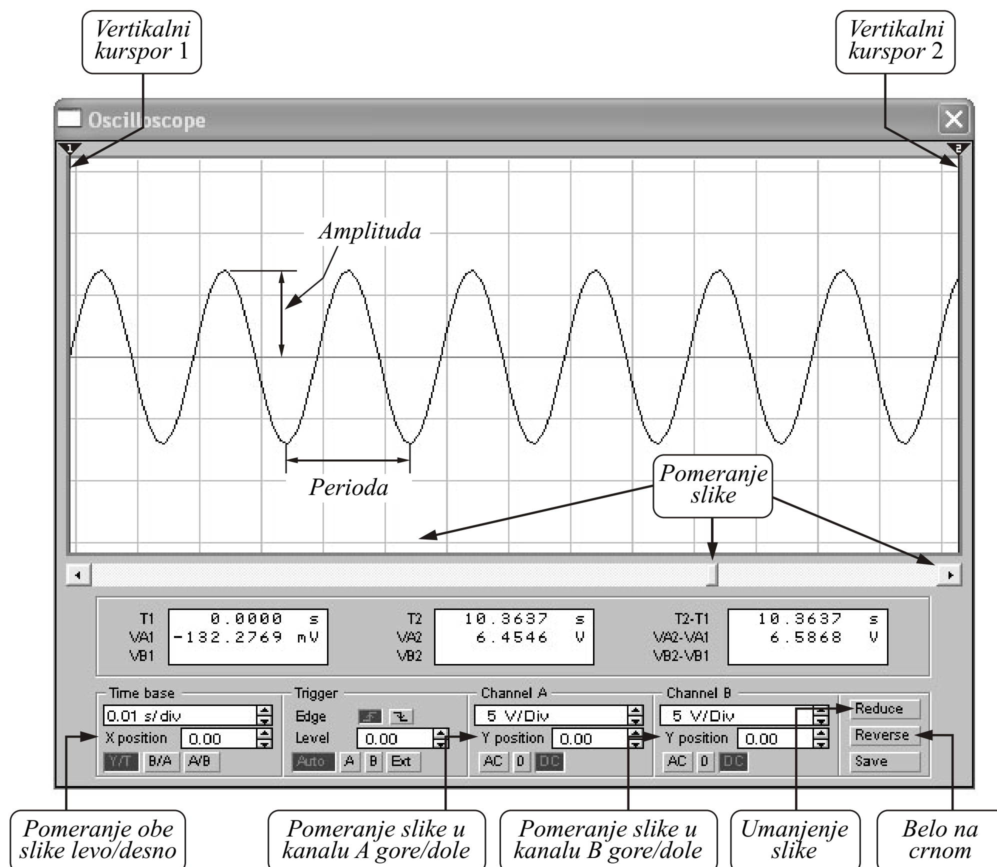
$$OA \quad \frac{U_{max}}{2},$$

gde je sa U_{max} obeležena amplituda napona koji se posmatra.

Na primer, ako se posmatra mrežni napon čija je amplituda U_{max}=220·1,414=311 V, osetljivost treba da je *OA*=311/2=155,5V/Div. Ova vrednost ne može da se podesi, pa se koristi najbliža, 200V/Div. Slično tome, ako je amplituda posmatranog napona jednaka 17 V, osetljivost se podešava na 10V/Div, što je najbliže optimalnoj vrednosti 8,5V/Div.

Osciloskopom mogu da se istovremeno posmatraju dva napona. Jedan od njih se dovodi između priključka koji je na slici 34 obeležen sa "Ulaz u kanal A" i mase (*Ground*), a drugi između priključka "Ulaz u kanal B" i mase. Ako u kolu na kome se vrše merenja postoji masa, a to je skoro uvek tako, tada povezivanje osciloskopa sa masom nije obavezno, to se obavlja automatski, mada se na crtežu ne vidi.

Na slici 34 mogu da se obave sva potrebna podešavanja osciloskopa ali ne i precizna merenja. Ona se vrše na uveličanoj slici osciloskopa. Pritiskom na dugme "Proširenje slike" (*Expand*), na slici 34, dobija se uveličana slika prednje strane osciloskopa koja je prikazna na slici 35. Na ekranu osciloskopa je naizmenični napon sinusnog (neki kažu sinusoidalnog)



Slika 35. Uvećana slika osciloskopa

oblika čije su karakteristike amplituda i perioda. Veličine obe ove karakteristike mogu da se izmere na isti način kao što se to radi u stvarnosti, pomoću stvarnih osciloskopa.

Amplituda je proizvod osetljivosi i broja podelaka od X ose do vrha signala. Na slici 35 osetljivost je OA=5V/Div, a broj podelaka (Div) je 1,4, pa je amplituda napona na ekranu osciloskopa U_{max}=5V/Div·1,4Div=7 V.

Perioda signala je proizvod vremenske baze i broja podelaka između dva susedna vrha (maksimuma) signala. Na slici 35 vremenska baza je 0,01 s/div, a rastojanje između dva susedna vrha je 2 div, pa je perioda T=0,01s/div·2div=0,02 s. Učestanost tog signala je jednaka f=1/T=1/0,02=50 Hz.

Kod EWB-ovog osciloskopa merenje amplitude i periode se obavlja na drugi, mnogo lakši i tačniji način, o čemu će biti reči kasnije. Za to se koriste dva kursora koji su na slici 35 obeleženi sa "Vertikalni kursor 1" i "Vertikalni kursor 2".

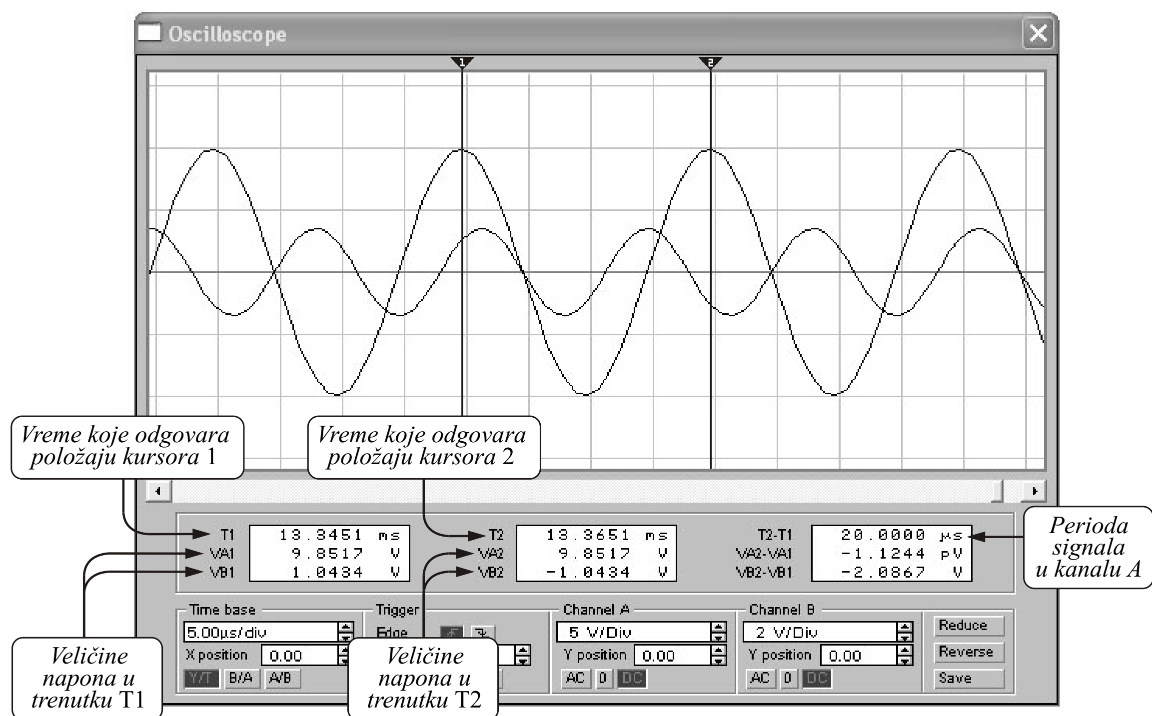
Na slici 35 postoje dugmeta sa malim trouglovima na koje ukazuju vinjete "Pomeranje slike u kanalu A(B) gore-dole". Ova pomeranja se vrše kada se slike signala u kanalu A i kanalu B preklapaju, što celu sliku čini nepreglednom a, ponekad, i nepotrebljivom.

Vinjeta "Pomeranje slike" ukazuje na tri dugmeta koja omogućuju da vidite oblik signala u bilo kom trenutku vremena (vremena simulacije, ne realnog vremena), od trenutka kada ste, pritiskom na glavni prekidač, započeli simulaciju do trenutka kada ste, pritiskom na dugme *Pause*, zaustavili simulaciju. Tako, na primer, ako su oba vertikalna kursora u krajnjim položajima (kao na slici), a dugme koje je u sredini uhvatite i pomerite do kraja ulevo, na ekranu će biti oblik signala od trenutka T1=0 do trenutka T2. Vreme T2 se pročita srednjem prozoru ispod ekrana osciloskopa. Ako dugme nije u krajnjem levom položaju, na ekranu se vidi oblik signala u vremenskom intervalu od T1(koje određuje položaj vertikalnog kursora 1) do T2 (koje određuje položaj vertikalnog kursora 2).

Pritiskom na dugme *Reduce* dobija se umanjena slika osciloskopa, a pritiskom na *Reverse* ekran osciloskopa postaje crn.

Na slici 36 je osciloskop na čijem ekranu su dva signala. Veći predstavlja napon koji je doveden na ulaz kanala A, a manji - napon koji je doveden na ulaz kanala B.

Kursor 1 je uhvaćen i doveden u položaj koji odgovara vremenu T1=13,3451 ms, što se vidi u levom od tri prozora ispod ekrana osciloskopa. U tom trenutku signal u kanalu A ima



Slika 36. Uvećana slika osciloskopa

maksimalnu vrednost. U istom prozoru se vide i veličine napona u kanalu A (VA1=9,8517 V) i kanalu B (VB1=1,0434 V), obe u trenutku T1.

Kursor 2 je doveden u položaj koji odgovara trenutku T2=13,3651 ms, što se vidi u srednjem prozoru. U tom trenutku, signal u kanalu A ponovo ima maksimalnu vrednost VA2=9,8517 V, a signal u kanlu B je negativan, VB2=−1,0434 V.

U trećem prozoru je razlika vremena koja odgovaraju položajima kursora: T2–T1. U slučaju na slici 36, kursori su postavljeni u položaje koji se poklapaju sa dva susedna maksimuma signala u kanalu A, pa je razlika vremena jednaka periodi tog signala: T=T2–T1. Učestanost napona je:

$$f = \frac{1}{T2 - T1},$$

što u našem primeru na slici 36 daje: f=1/20 s=1/(20·10^{-6}s)=50 kHz.

* Slika sa ekrana proširenog osciloskopa može da se odštampa. Kliknite na *File* u liniji sa padajućim menijima pa na *Print*. U dijaloškom okviru koji se otvorio potvrdite (čekirajte) *XYPlot* i kliknite na dugme *Print*.

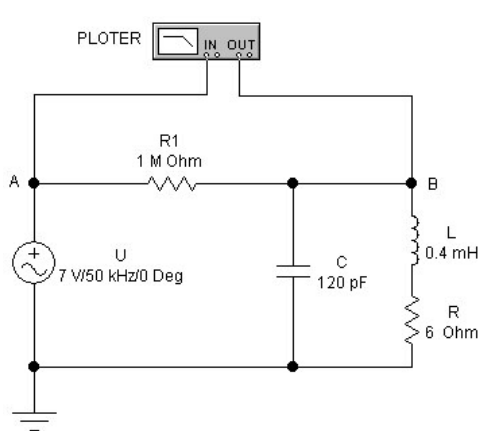
Možda vam se ovo dugačko objašnjenje o upotrebi osciloskopa čini komplikovanim. Može li to da se pojednostavi? Može. Priključite osciloskop na kolo i pokrenite simulaciju. Ako je slika po verikali suviše mala ili suviše velika klikćite po dugmetima sa strelicama u prozorima "Podešavanje osetljivosti kanala A(B)", a ako je slika po horizontali suviše razvučena ili sabijena, klikćite po dugmetima sa strelicama u prozoru "Vremenska baza", sve dok ne dobijete lepu sliku. Posle toga, pomoću kursora, izmerite amplitudu i periodu i ostalo što vas interesuje.

Ploter je instrument koji, kao i osciloskop, rezultat prikazuje na ekranu. Bitna razlika između njih je u tome što osciloskop prikazuje zavisnost posmatranog napona od vremena, a ploter prikazuje zavisnost odnosa dva napona (u dve različite tačke nekog uređaja), od učestanosti. Drugačije rečeno, osciloskop prikazuje talasni oblik nekog signala, a ploter prikazuje prenosnu karakteristiku nekog uređaja, odnosno on crta dijagram u kome je na horizontalnoj osi učestanost a na vertikalnoj pojačanje ili slabljenje. Ploter je naročito koristan za analizu četvoropola, kao što su filtri, selektivni pojačavači i slična kola čija je jedna od glavnih karakteristika upravo prenosna karakteristika, odnosno zavisnost slabljenja ili pojačanja od učestanosti.

Ploter sam generiše različite učestanosti u opsegu koji definiše korisnik, ali je za njegov rad neophodno da u kolu koje se analizira postoji bilo kakav izvor naizmeničnog napona. Taj izvor nema nikakvog uticaja na rezultate i rad plotera.

Za ostvarivanje korektnih pokazivanja potrebno je pravilno odrediti početnu (I) i krajnju (F) učestanost opsega učestanosti u kome treba nacrtati prenosnu karakteristiku, početno (I) i krajnje (F) pojačanje (ili slabljenje) i podelu vertikalne i horizontalne ose (linearna ili logaritamska).

Priču o ploteru je najjjednostavnije ispričati kroz praktičan primer. U tom smislu, na slici 37 je prikazana električna šema jednog filtra propusnika opsega učestanosti koji obrazuju otpornik R1 i paralelno oscilatorno kolo C, L i R. Ulaz u filter je između tačke A i

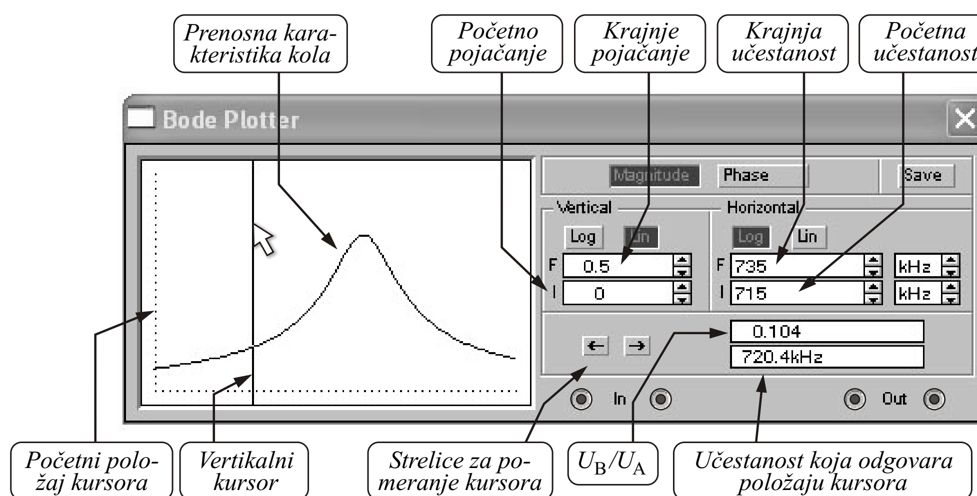


Slika 37. Priključivanje plotera

mase, a izlaz između tačke B i mase. Ulaz plotera (IN) je priključen na ulaz, a izlaz plotera (OUT) na izlaz filtra. Generator U nema nikakvog uticaja na rad plotera, on je tu samo zato što ploter bez njega ne može da radi. Kada se klikne na glavni prekidač, na ekranu plotera se dobija kriva linija koja predstavlja zavisnost odnosa napona između tačke B i mase i napona između tačke A i mase od učestanosti. Ali, da bi se ova slika videla, treba uvećati ploter. To se ostvaruje dvostrukim klikom na njegovu ikonu, posle čega se pojavljuje slika 38.

Da bi slika bila dobra i upotrebljiva, neophodno je da se dobro podese početna i krajnja učestanost i početno i krajnje pojačanje. Ako se to ne uradi kako treba, slika je suviše "nabijena" ili "razvučena", a može da se desi i da je uopšte nema na ekranu plotera. Evo jednog primera. Pretpostavimo da pomoću plotera snimamo amplitudsko- frekvencijsku karakteristiku audio-pojačavača čije su granične učestanosti f_d=40 Hz i f_g=60 kHz, a pojačanje u oblasti srednjih učestanosti je A=50 dB. U ovom slučaju, početna učestanost (I) treba da bude manja od 40 Hz, recimo 10 Hz, a krajnja (F) veća od 60 kHz, recimo 100 kHz. Početno pojačanje treba da je znatno manje od 50 dB, recimo 10 dB, a krajnje malo veće od 50 dB, recimo 60 dB. Ako bi početna učestanost bila veća od 100 kHz ili maksimalno pojačanje manje od 50 dB, na ekranu ne bi bilo nikakve slike.

Na slici 38, ploter je podešen za pokazivanje prenosne karakteristike kola sa slike 37. Pošto je rezonantna učestanost oscilatornog kola oko 727 kHz, početna učestanost je 715 kHz a krajnja 735 kHz. Početno i krajnje pojačanje su 0 i 0,5. Kursor stoji na učestanosti 720,4 kHz, a odnos izlaznog i ulaznog napona na toj učestanosti je 0,104. Pomeranjem kursora može da se pročita veličina pojačanja na bilo kojoj učestanosti u opsegu od 715 kHz



Slika 38. Ploter podešen za prikaz prenosne karakteristike kola sa slike 37

do 735 kHz. Podela vertikalne ose je linearna a horizontalne logaritamska.

Po uključenju glavnog prekidača,vertikalni kursor se nalazi u položaju Y-ose. Njegovo pomeranje se ostvaruje pritiskom na dugmeta sa strelicama. Mnogo brže, pomeranje se ostvaruje tako što se kursor uhvati i dovuče na svoje mesto.

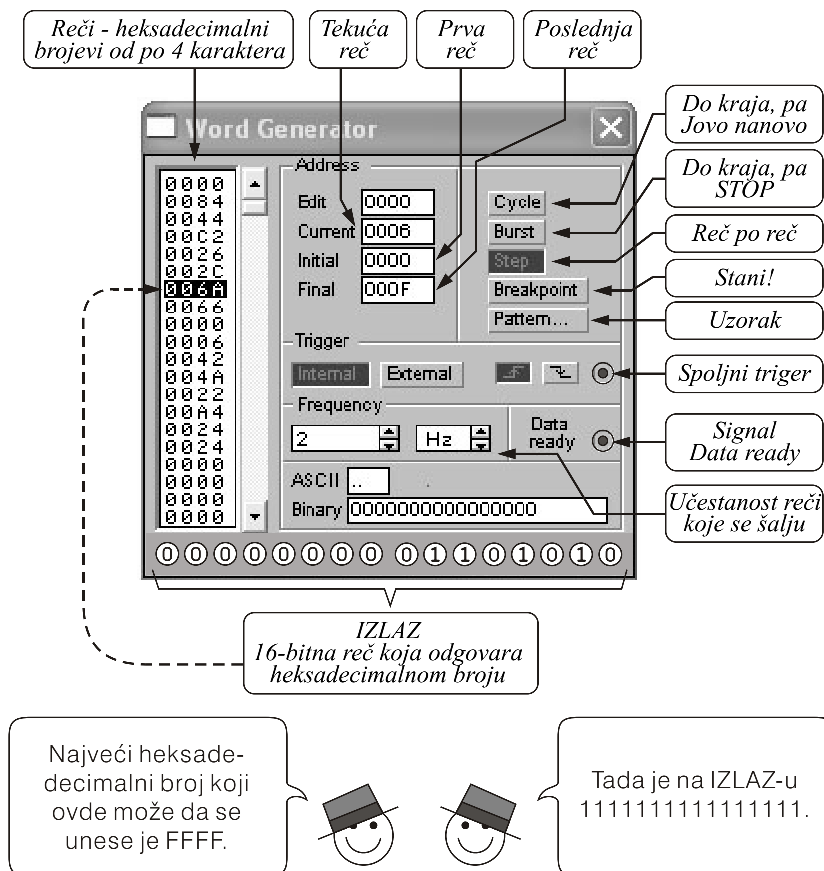
* Fazna karakteristika kola (zavisnost faznog pomeraja između izlaznog i ulaznog napona od učestanosti) se dobija tako što se klikne na dugme *Phase*.

* Posle bilo kakve intervencije na crtežu, da bi ploter prikazao novu sliku, neophodno je isključiti i ponovo uključiti glavni prekidač.

* Dijagram na ekranu plotera je rezultat *AC* analize, koju je obavio EWB. Mnogo pregledniji i korisniji dijagram se dobija kad se klikne na *Analysis, Display Graphs* i dugme za proširenje slike.

Word - Generator - Generator reči je generator koji stvara digitalne reči ili niz bitova koji se koriste za testiranje digitalnih kola. Njegova prednja strana prikazana je na slici 39. U levom delu je displej sa dvadeset redova u kojima su reči - heksadecimalni brojevi sa po če-tiri karaktera. Svaki od ovih redova predstavlja 16-bitnu reč koja se vidi u donjem delu instrumenta, koji je na slici označen kao IZLAZ. Reč koja je bila na IZLAZ-u u trenutku snimanja slike 39 je heksadecimalni broj 006A, pa je na izlazu instrumenta 16-o bitna reč 0000000001101010. Sledeća reč je 0066 pa će se na izalzu pojaviti 0000000001100110 itd.

U gornjem desnom delu generatora su dugmeta kojima se određuje način slanja reči sa IZLAZ-a na uređaj koji se testira:



Slika 39. Word Generator - Generator reči

Cycle - U krug: prva, druga, treća,.....zadnja, prva, druga, treća .....zadnja, prva,.......

Burst - Prva, druga, treća.....zadnja.

Step - Reč po reč. Klik - prva reč. Klik - druga reč. Klik - treća reč. Klik -..........

Breakpoint - Prekidanje daljeg čitanja i slanja reči (pri *Cycle* i *Burst*). Određuje se tako što se klikne na reč pa na dugme.

Pattern - omogućuje da se grupa reči snimi u poseban fajl, koja kasnije može da se pozove i ponovo koristi.

Unošenje niza reči u memoriju generatora može da se obavi na tri načina: unošenjem heksadecimalnih brojeva u prozoru "*Heksadecimalni bro.....*", unošenjem 16-bitnih brojeva u prozor označen sa *Binary* i unošenjem odgovarajućeg *ASCII* karaktera u istoimeni prozor. Pri ovim unošenjima, uvek se prvo klikne na red u koji se reč unosi. Redni broj reda se pojavljuje u prozoru *Edit*. Za vežbu, kliknite na neku reč u prozoru "*Heksadecimalni bro.....*" pa u prozor *Binary*, obrisite sve nule i jedinice pa upisite 1011101010111010. Pogledajte sad na editovanu reč u prozoru "*Heksadecimalni bro.....*", trebalo bi da je to jedna vama veoma draga osoba.

Logic Analyzer - Logički analizator. Za ovaj instrument bi moglo da se kaže da je to 16-kanalni osciloskop koji prikazuje nivoe signala u funkciji vremena, u 16 tačaka kola koje se analizira. U slučaju koji je prikazan na slici 40, prvih osam ulaza u analizator je priključeno na osam izlaza raznih logičkih kola. Pomeranjem dugmeta XXX ulevo ostvareno je da se na ekranu vide nivoi signala u vremenskom intervalu od T1=71,5000 ms do T2=76,2625 ms. Ova dva vremena mogu da se pročitaju u prozoru ispod ekrana analizatora kada je kusor 1 u krajnjem levom, a kursor 2 u krajnjem desnom položaju. Na slici, kursori su postavljeni u položaje koji omogućuju merenje vremena trajanja impulsa na četvrtom ulazu, odnosno vremena za koje je na tom ulazu logička jedinica. To vreme je T=T2-T1=72,9 ms - 72,5 ms = 400   s.

Ostale važnije stvari na slici 40 su:

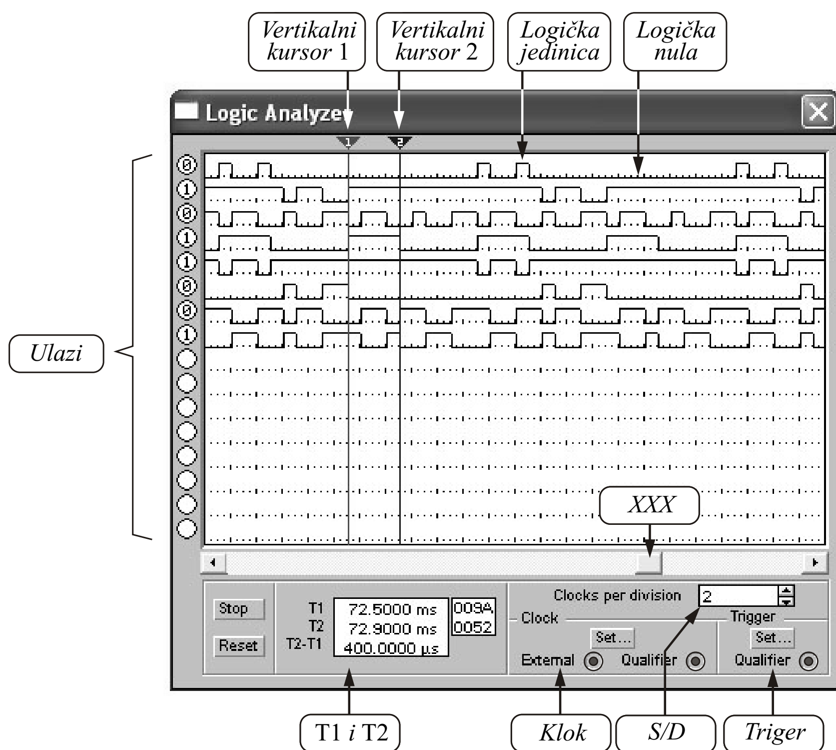
T1 i T2 - vremena koja odgovaraju položajima vertikalnih kursora 1 i 2, respektivno.

Klok - oscilator, unutrašnji ili spoljašni, koji definiše trenutke u kojima analizator uzima uzorke signala koji se dovode na njegove ulaze. Pritiskom na dugme *Set* otvara se dijaloški okvir koji omogućuje definisanje učestanosti kloka, uzimanje uzorka, nivo logičke jedinice itd.

S/D - broj "otkucaja" kloka po podeoku na vremenskoj skali. Ova veličina odgovara vremenu po podeoku (Time base) kod osciloskopa.

Triger - analizator može da bude trigerovan (okinut) pošto primi određenu reč, ili kombinaciju reči, koje se definišu u dijaloškom okviru koji se otvara pritiskom na dugme *Set*.

Ulazi - u malim krugovima u levom delu slike, koji odgovaraju ulazima u analizator, pojavljuju se logička stanja u testiranim tačkama u funkciji vremena. Zadnje pokazivanje odgovara stanju u trenutku prestanka rada analizatora.



Slika 40. Logic Analyzer - Logički analizator

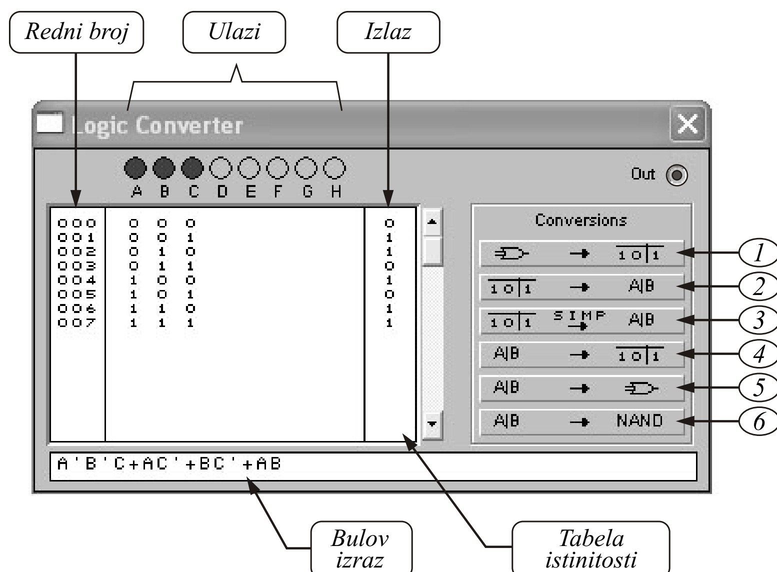
XXX - dugme koje omogućuje da se signali posmatraju u različitim intervalina vremena, od trenutka uključenja (XXX skroz ulevo) do trenutka isključenja (XXX skroz udesno).

Stop - zaustavljanje.

Reset - resetovanje - sve iz početka.

Dodatne informacije možete da nađete u *Help*-u, ali je najbolje da proučite i malo eksperimentišete u primerima u PRIMERI-ma.

Logic Converter - Logički konvertor (pretvarač) je jedini instrument koji postoji samo u EWB-u, nema ga u stvarnosti. Izgled prednje strane konvertora je na slici 41. Pomoću ovog konvertora, pritiskom na odgovarajuće dugme u polju *Conversions,* kreira se:



Slika 41. Logic Convertor

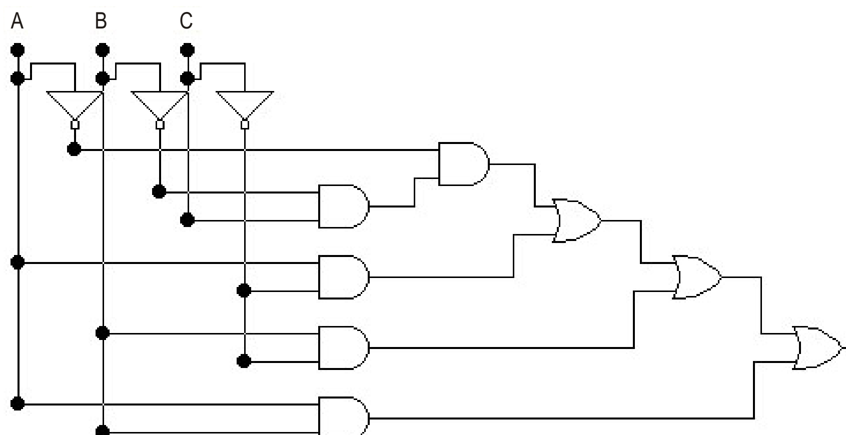
1. Tabela istinitosti za nacrtanu električnu šemu
2. Bulov izraz (logička funkcija) za datu tabelu istinitosti
3. Uprošćeni (optimizirani) Bulov izraz za datu tabelu istinitosti
4. Tabela istinitosti za dati Bulov izraz
5. Električna šema za dati Bulov izraz
6. Električna šema za dati Bulov izraz, uz korišćenje samo NI kola

Slika 41 je dobijena tako što je *Logic Converter* doveden na radnu površinu i uveličan dvostrukim klikom na njegovu ikonu. Posle toga je kliknuto na kružiće iznad oznaka A, B i C, jer kolo treba da ima tri ulaza. (Podrazumeva se da kolo ima samo jedan izlaz.) To je dovelo do pojavljivanja levog dela tabele istinitosti sa svim mogućim kombi-

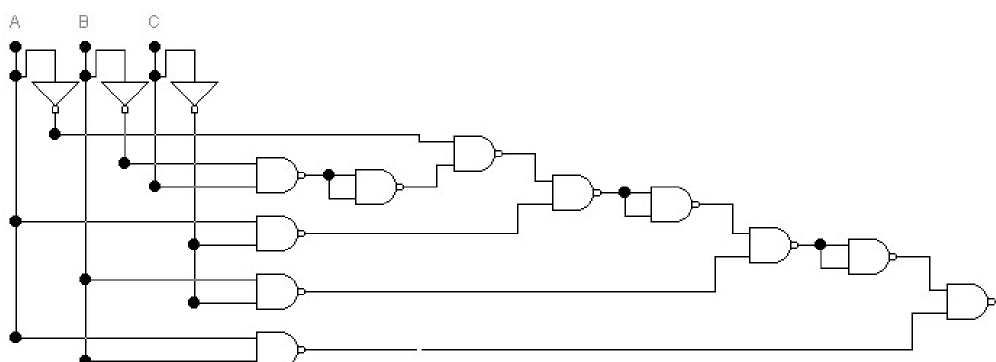
nacijama nula i jedinica. Autor je popunio desni deo tabele, kolonu sa vrednostima izlaza. Zatim je kliknuo na dugme *2* pa na dugme *3*, i u prozoru "Bulov izraz" se pojavio Bulov izraz kao na slici.

Kada se sada na slici 41 klikne na dugme 5 dobija se električna šema sa slike 42-a, kojom se prakrično ostvaruje logička funkcija iz prozora "Bulov izraz".

Kada se, posle svih prethodnih pritiskanja, obriše slika 42-a, pa klikne na dugme *6*, dobija se slika 42-b. To je kolo koje zadovoljava Bulov izraz sa slike 41, ali izvedeno isključivo sa NI kolima. (Invertori su NI kola sa spojenim ulazima.)



Slika 42-a. Optimizirano kolo za ostvarivanje logičke funkcije A'B'C+AC'+BC'+AB



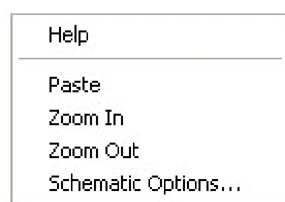
Slika 42-b. Kolo za ostvarivanje logičke funkcije A'B'C+AC'+BC'+AB izvedeno sa NI kolima

GLAVA 5

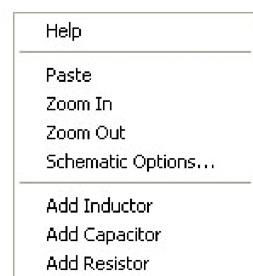
POP-UP MENUS
ISKAČUĆI MENIJI

U *Pop-Up* menijima se nalaze naredbe (alati itd.) koji postoje i u padajućim menijima i u *Tool Bar*-u, a koriste se radi povećanja komfora i brzine rada. *Pop-Up* meniji se otvaraju tako što se **desnim** dugmetom klikne na prazno mesto na crtežu, komponentu, žicu ili instrument.

Prvi od ovih menija koji je prikazan na slici 43 dobija se kada se desnim dugmetom klikne na prazno mesto (na kome nema ničega) na ekranu. Slika 43-a se pojavljuje samo ako je otvorena na samom početku crtanja šeme, dok na ekranu nije bilo ni jedne komponente.



a.



b.

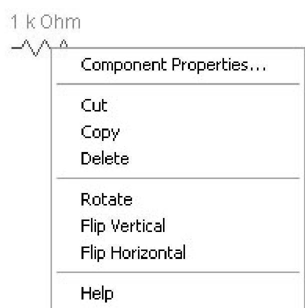
Slika 43. Pop-Up meni A

Ako je otvorite kasnije, na njoj će biti i nazivi pet komponenata koje ste zadnje doveli na crtež. Tako je na slici 43-b, koja je otvorena pošto su na sliku bile pozvane tri komponente. Ove komponente mogu da se ponovo pozovu direktno iz ovog menija.

Najznačajnija naredba na slici 43 je *Schematic Options...* Ona omogućuje da se izvrše neka vrlo značajna podešavanja u vezi sa slikom. Između

ostalih, vrlo je korisna mogućnost da se u opciji *Wiring* čekira *If possible, do not move wires*, što sprečava program da bez potrebe premešta i na svoj način raspoređuje provodnike koji spajaju komponente. Pored toga, u opciji *Grid* treba proveriti da li je *Use Grid* čekirano i, ako nije, čekirati ga. To značajno olakšva crtanje šeme.

Meni na slici 44 iskače na ekran kad se desnim dugmetom klikne na neku komponentu. Kao što se vidi, sve naredbe iz ovog menija se brže izvode pomoću dugmeta u *Tool Bar*-u. Izuzetak je *Delete*, ali se ona brže izvodi istoimenom dirkom na tastaturi.



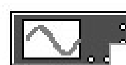
Slika 44. Pop-Up meni B

Na slici 45 je meni koji se dobija kada se desnim dugmetom klikne na neku žicu (*Wire*) kojima su na šemi povezane komponente. Naredbom *Delete* žica se briše a naredbom *Wire Prpoperties*... žici može da se promeni boja. Promenom boje žica, naročito žica kojim su u kolo priključeni instrumenti, znatno utiče na preglednost crteža. Korisno je da žice kojima se u kolo povezuju ulazi A i B osciloskopa, kao i ulazi u logički analizator budu različitih boja jer će u tim bojama biti i slike na ekranu tih instrumenata, pa ih je lakše razlikovati.

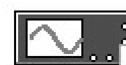
Meni na slici 46-a se dobija kada se desnim dugmetom klikne na ikonu nekog instrumenta. On vam pruža mogućnost da se upoznate sa tim instrumentom (*Help*), da uvećate njegovu prednju stranu (*Open*) ili da ga obrišete sa slike (*Delete*). Meni sa slike 46-b se dobija kada se desnim dugmetom klikne na uvećanu sliku nekog instrumenta, a, pored



Slika 45. Pop-Up meni C




a.




b.

Slika 46. Pop-Up meni D

pozivanja pomoći i brisanja, on vam pruža mogućnost da instrument zatvorite (*Close*). Time se zatvara uvćana slika instrumenta, čime slika na ekranu postaje preglednija, a instrument ostaje na šemi u obliku svoje ikone.

GLAVA 6

CRTANJE ELEKTRIČNE ŠEME

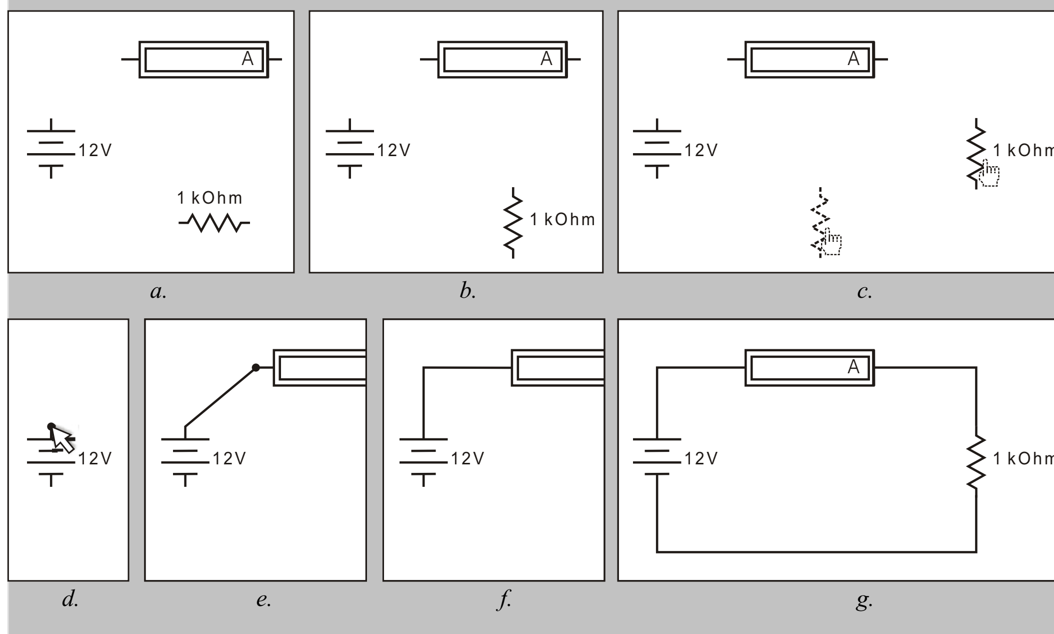
U ovoj glavi će, kroz jedan jednostavan primer, korak po korak, biti objašnjeno kako se crta električna šema uređaja koji treba analizirati pomoću EWB-a. Krajnji cilj je električna šema na slici 48-d. Prvi korak je

6.1. Dovođenje komponenata na crtež

Kao što se vidi na slici 48-d, potrebne komponente su generator jednosmernog napon 12 V, ampermetar i otpornik otpornosti 1 k . U liniji sa bibliotekama, slika 2, kliknemo na biblioteku *Sources*. Na ekranu se pojavljuje njen sadržaj, slika 17. Vrh kursora stavimo na bateriju, pritisnemo levo dugme na mišu, pomeramo miš dok baterija ne dođe na mesto koje nam se čini pogodnim i otpustimo dugme. Na isti način, iz biblioteka *Basi*c i *Indicator*s, na crtež dovedemo i otpornik i ampermetar. Na ekranu bi trebalo da je slika 47-a. Otpornik treba da stoji uspravno: kliknemo prvo na njega pa na dugme *Rotate* u *Tool Bar*-u. Sad je na ekranu slika 47-b. Otpornik treba pomeriti udesno: stavimo vrh pointera na njega, pointer dobija oblik šake sa ispruženim kažiprstom, pritisnemo levo dugme, pomerimo miša udesno i otpustimo dugme. Na ekranu bi trebalo da je slika 47-c. (Isprekidanom linijom je prikazan položaj otpornika pre pomeranja.) Sledeći korak je

6.2. Povezivanje komponenata

Komponente se, kao što se, recimo, u automobilu akumulator povezuje sa sijalicama, radio-prijemnikom itd., povezuju žicama (*Wires*). To se, u slučaju povezivanja pozitivnog kraja baterije i pozitivnog (levog) kraja ampermetra ostvaruje na sledeći način. Vrh kursora se, kao što je prikazano na slici 47-d, stavi na sam kraj pozitivnog priključka baterije, tako da



Slika 47. Crtanje električne šeme

se pojavi mali crni krug. Pritisne se, i drži pritisnuto, levo dugme na mišu. Kursor postaje nevidljiv. Miš se pomera ka ampermetru, a na ekranu se pojavljuje linija, to je žica. Miš se pomera dok vrh ove žice ne dodirne vrh levog priključka ampermetra, tako da se i ovde pojavi mali crni krug, i na ekranu bude slika 47-e. Dugme se otpusti, kosa linija se automatski pretvara u izlomljenu pravu liniju i na ekranu je slika 47-f.

Na isti način se nacrtaju i ostale žice, tako da je na ekranu slika 47-g.

Sada treba obaviti mala

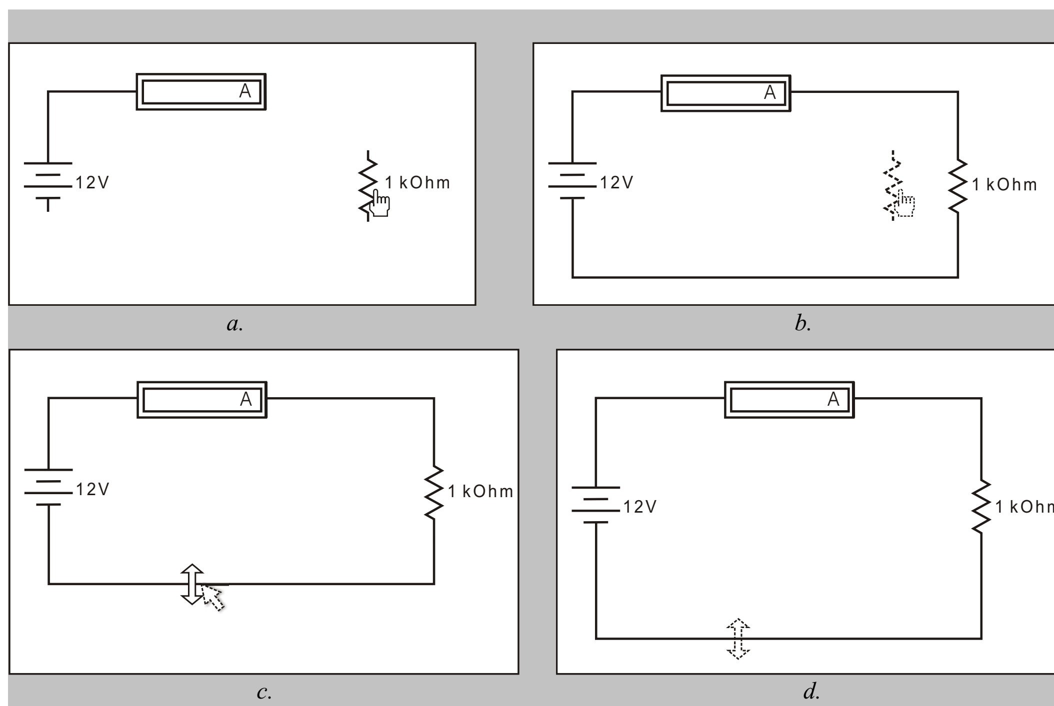
6.3. Doterivanja slike

Slika 47-g je sasvim dobra slika, ako je to kompletna slika. Pre nego što nastavite, možete, ako ste nestrpljivi, da proverite kako EWB radi. Kliknite na glavni prekidač (O/I u gornjem desnom uglu ekrana monitora) i ampermetar će da pokaže da kroz ampermetar teče struja jačine 12,00 mA. Kao što vidite, EWB-u je poznat Omov zakon:

$$I=U/R=12V/1000 \quad =0,012\ A=12\ mA.$$

Ali, šemu često treba menjati, može da se, na primer, ukaže potreba da se otpornik pomeri udesno. To se radi tako što se pointer stavi na otpornik i pritisne levo dugme na mišu. Veze otpornika sa baterijom i ampermetrom postaju nevidljive i na ekarnu je slika 48-a. Pomeranjem miša otpornik se pomeri u novi položaj (u našem primeru pomeri se udesno) i dugme otpusti. Veze se pojave i na ekranu je slika 48-b. Na isti način se pomeraju i sve ostale komponente i instrumenti. Na taj način su, kasnije, pomereni i ampermetar (udesno) i baterija (nadole).

* Vrlo precizna pomeranja komponenata se ostvaruje tako što se klikne na komponentu, tako da ona postane crvene boje. Posle toga se kucka po dirkama sa strelicama



Slika 48. Doterivanje električne šeme

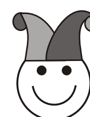
na tastaturi. Kad komponenta stigne u svoj novi položaj, klikne se na prazno mesto na crtežu. Time selektovana komponenta biva deselektovana.

Često se javlja i potreba da se neka žica pomeri u novi položaj što omogućuje dodavanje novih komponenata ili sliku čini lepšom i preglednijom. Na slici 48-c je prikazan početak pomeranja donje žice nadole. Vrh pointera se stavi tačno na žicu i pritisne levo dugme na mišu. Pointer menja oblik, pretvara se u dvoglavu strelicu, koja pokazuje da žica može da se pomeri ili nadole ili nagore. Pomerimo miša ka sebi i otpustimo dugme. Na ekranu je slika 48-d.

Ako se klikne na vertikalnu žicu, strelica postaje horizontalna, što je znak da ta žica može da se pomera ili ulevo ili udesno.

Pomeranje žica je vrlo korisno jer slike čini lepšim i preglednijim. Naime, pri crtanju žica, ma gde da se nalaze komponente koje treba povezati, vrh kursora se uvek stavi na vrh priključka jedne komponente, pritisne levo dugme i žica rastegne do vrha druge komponente. Na ekranu je kosa linija. Kada se otpusti dugme, EWB nacrta izlomljenu pravu liniju. U složenijim crtežima, naročito kada se radi o crtežima sa digitalnim kolima, tih linija ima mnogo, neke od njih idu čudnovatim zaobilaznim putevima, a neke se čak i preklapaju, tako da se ne vidi koje tačke povezuju. Pomeranjem linija, slika postaje mnogo jasnija i korisnija.

Po nekad, kad se crtež snimi, program sam izvede neke promene u rasporedu linija i, u izvesnoj meri, degradira crtež. Da bi se to što ređe događalo kliknite na *Circuit/Schematic Options/Wiring/If possible, do not move wires.*



Brisanje komponenata može da se obavi na dva načina: 1) klikne se levim dugmetom na komponentu, tako da ona postane crvena, ako je u pitanju žica, ona postane deblja, pa pritisne dugme *Delete* na tastaturi ili 2) klikne se na komponentu prvo levim pa desnim dugmetom i, u *Pop-Up* meniju, klikne na *Delete*.

Istovremeno brisanje više komponenata se vrši na sledeći način. Vrh pointera se stavi u levi gornji ugao zamišljenog pravougaonika koji obuhvata, makar i delimično, komponente koje treba obrisati, pritisne levo dugme, pointer pomeri u suprotan ugao zamišljenog pravougaonika, dugme otpusti i na tastaturi pritisne dugme *Delete*.

Selektovanje svih komponenata crteža, što se najčešće radi da bise crtež pomerio na neko bolje mesto na ekranu monitora, vrši se tako što se klikne na *Edit/Select All*.

Sledeći korak u crtanju električne šeme je

6.4. Editovanje komponenata

Po difoltu, baterija ima napon od 12 V, a otpornik otpornost od 1 k . Pretpostavimo da baterija treba da ima napon od 9 V, a otpornik otpornost od 4 . Dva puta kliknemo na bateriju, i na ekarnu se pojavljuje dijaloški okvir *Battery Properties* u kome treba klinuti na *Value*, obrisati 12 i napisati 9 i kliknuti na *OK*. Zatim treba dva puta kliknuti na otpornik, pa u prozorčetu *Resistance* obrisati 1 i napisati 4, a u prozorčetu desno od njega, pomoću dugmeta sa strelicom nadole, k promeniti u i kliknuti na OK. Nove vrednosto napona i otpornosti se pojavljuju na slici.

Sve što postoji na električnim šemama mora da ima i svoju jedinstvenu oznaku. Recimo da je oznaka baterije U1 a otpornika R1. Kliknemo dva puta na bateriju, i na ekranu se po-novo pojavljuje dijaloški okvir *Battery Properties* u kome sada treba kliknuri na *Label* pa u istoimenom prozorčetu, u kome trepće tekstualni kursor, otkucati *U1* i kliknuti na *OK*. Na isti način se otporniku dodeljuje oznaka R1.

Oba editovanja, i vrednosti *Value* i oznake *Label*, se vrše samo jednim otvaranjem dijaloškog okvira.

Stvarne električne šeme su znatno složenije od šeme na slici 48-d, pa ćemo pogledati kako se vrši

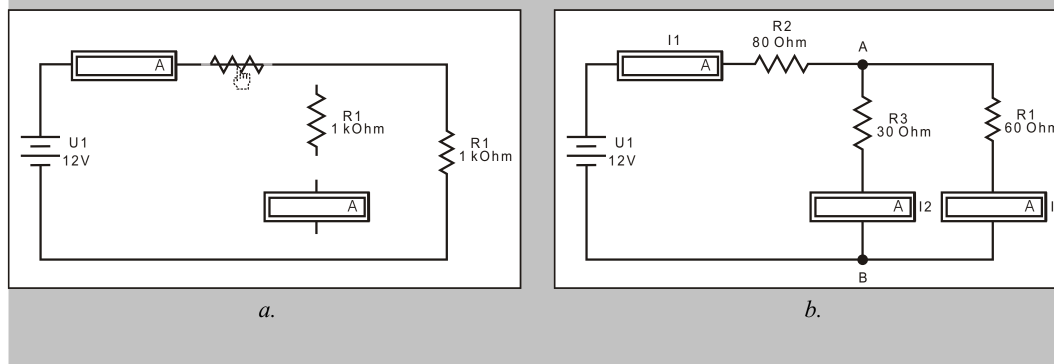
6.5. Dodavanje novih komponenata

Na crtež sa slike 48-d ćemo da dodamo još jedan otpornik i jedan ampermetar, što će nam omogućiti da proverimo da li EWB poštuje prvi Kirhofov zakon. Šema treba da izgleda kao na slici 49-b.

Na slici 48-d kliknemo na ampermetar. On se postidi (pocrveni), a mi kuckamo na tastaturi dugme sa strelicom uperenom ulevo, dok se ampermetar ne pomeri na mesto kao na slici 49-a. Kuckajte više nego što je potrebno da bi videli šta će biti ako preterate, a onda ga vratite kuckanjem na dugme sa strelicom udesno. Na isti način pomerite i orpornik R1 udesno. Kuckajte i po dugmetima sa strelicama nagore i nadole i postavite otpornik R1 u položaj kao na slici 49-a.

Iz biblioteke *Indicators* dovedemo na radnu površinu još jedan ampermetar. Kliknemo prvo jednom na njega pa tri puta na dugme *Rotate* u *Tool Bar*-u. Zatim ga uhvatimo i dovučemo na njegovo mesto na slici 49-a.

Otpornike R2 i R3 možemo da dovučemo iz biblioteke *Basic,* ali možemo i da ih,



Slika 49. Dodavanje novih komponenata

pomoću naredbi *Copy* i *Paste*, napravimo od postojećeg otpornika R1. Dakle, kliknemo na R1, pa prvo na dugme *Copy*, a zatim na dugme *Paste* (oba u *Tool Bar*-u). Na ekranu se pojavljuje kopija. To je budući (posle editovanja) R3. Uhvatimo ga i odvučemo u njegov položaj na slici 49. Na isti način napravimo još jednu kopiju R1, pa kliknemo na dugme *Rotate*. To je budući R2. Uhvatimo ga i pomeramo na njegovo mesto, desno od gornjeg ampermetra. Ovo radimo vrlo pažljivo, tako da se krajevi otpornika poklope sa žicom i legnu tačno na nju. Kad se poklope, krajevi otpornika promene boju. Otpustimo levo dugme, a program obavi šta je potrebno: raskine vezu i ubaci otpornik. Na slici 49 je prikazan trenutak neposredno pred otpuštanje levog dugmeta.

Spajanje gornjeg kraja otpornika R3 sa gornjom horizontalnom žicom se obavlja na sledeći način. Stavite vrh pointera na vrh gornjeg priključka otpornika, tako da se pojavi mali crni krug. Stisnite levo dugme i pomerajte miš nagore dok vrh žice koji držite ne dodirne gornju horizontalnu žicu. Kada se to dogodi i pojavi se mali crni krug, otpustite dugme. Na mestu

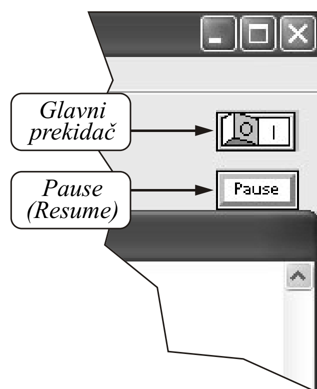
dodira pojavljuje se spojna tačka (Connector) u obliku crnog kruga. To je tačka A na slici 49-b. Na isti način se i donji kraj ampermetra spaja sa donjom horizontalnom žicom.

Treći ampermetar I3 se, pomoću *Copy* i *Paste*, dobija od ampermetra I2, a na svoje mesto se postavlja na isti način kao što je na svoje mesto stavljen R2. Znači, uhvatite ga i pažljivo pomerate, tako da se njegovi priključci poklope (i promene boju) sa vertiklanom žicom. Kada se poklope, otpustite levo dugme i - gotovo. Pri ovakvom dodavanju ampermetra može da se desi da se na njegovom displeju pojave neki nerazumljivi znaci. U tom slučaju, uhvatite u donjem delu ekrana prečagu za pomeranje slike i pomerite je levo (dok se slika ne izgubi) pa desno (dok se slika ne vrati na staro mesto) i sve će biti redu.

Ostalo je još da se spoje donji kraj R3 i gornji kraj ampermetra I2. Kada i to obavite, editujte sve komponente tako da na ekranu imate sliku 49-b. Uključite glavni prekidač i na ampermetrima će se pojaviti veličine struja kroz sva tri otpornika: I1=120 mA, I2=40 mA i I3=80 mA. Kao što se vidi, važi prvi Kirhofov zakon: I1=I2+I3.

6.6. Pokrtanje simulacije

Pokratanje simulacije ili, tačnije, uključivanje dela programa koji vrši analizu kola obavlja se tako što se klikne na glavni prekidač koji se nalazi u gornjem desnom uglu slike na ekranu monitora. Taj deo ekrana je prikazan na slici 50. Simulacija se zaustavlja pritiskom na dugme *Pause*. Po ovom pritisku dugme dobija novo ime: *Resume*. Ponovnim pritiskom na ovo dugme, simulacija se nastavlja, ali ne uvek. U nekim situacijama neophodno je ponovo kliknuti na glavni prekidač. Dugme *Resume* je vrlo značajno pri korščenju osciloskopa jer omogućuje da se analiza privremeno zaustavi, što dovodi do prestanka "trčanja"slike na ekranu osciloskopa.



Slika 50. Glavni prekidač (O/I)

* Ako se na šemi vrše neke značajnije izmene, a naročito one koje bi u stvarnim uslovima rada dovele do nekih oštećenja, glavni prekidač se automatski isključuje pa ga treba ponovo uključiti.

* Pri korišćenju plotera, posle bilo kakve intervencije na crtežu treba isključiti pa ponovo uključiti glavni prekidač.

GLAVA 7

ŠTAMPANJE DOKUMENTA

Svi korisnici kompjutera su čuli da može da se desi, a mnogima, među njima i autoru ovih redova, se i desilo, da hard disk otkaže, tako da ga više nije moguće "pročitati". U takvim situacijama ljudi najviše žale za važnim tekstovima, slikama i ostalim dokumentima na kojima su radili danima. Vrlo korisna mera predostrožnosti je povremeno snimanje važnih podataka na CD, ali ni ovo ne garantuje 100% sigurnost, pogotovu ne na duži vremenski period. Pored toga svi smo mi, još uvek, "papirni ljudi" navikli da sve važne stvari "imamo na papiru", na kome i slike i tekstovi ipak drugačije izgledaju nego na ekranu osciloskopa. Postoji još jedan važan razlog zašto rezultate rada EWB-a (električna šema, lista komponenata itd.) treba odštampati. Ako je šema izdražala sve probe i u nju unete sve korekcije, po njoj treba realizovati prototip (prvi primerak) uređaja. To se radi u laboratoriji ili radionici, gde je zgodnije imati pred sobom crtež na papiru nego na ekranu monitora.

Postupak štampanja se započinje na isti način kao u većini programa koji rade pod *Windows*-ima. U liniji sa menijima se klikne na meni *File*, pa na *Print*. Otvara se dijaloški okvir koji je prikazan na slici 51, u kome treba čekirati (potvrditi) sve što treba da se štamapa. Kada se to uradi, klikne se na *Print*.

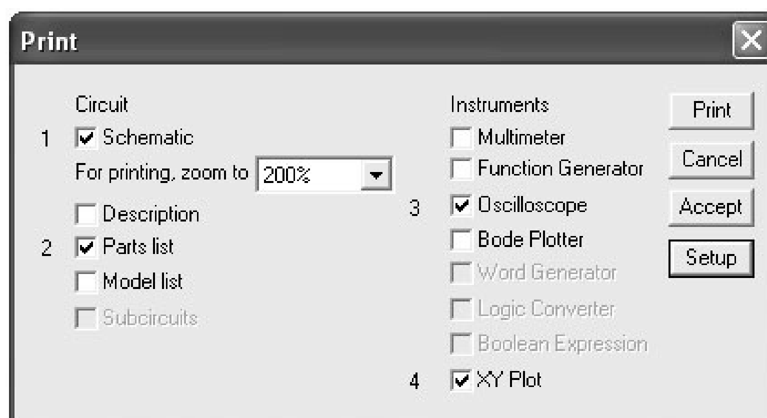
Na slici 51 čekirani su *Schematic, Parts list, Oscilloskope* i *XYPlot*, pa će, na posebnim listovima papira, biti štampani električna šema, lista sa komponentama na šemi i slika na ekranu osciloskopa.

* Kada se štampa slika sa ekrana plotera ili proširenog (*Expand*-ovanog) osciloskopa, tada treba čekirati *XYPlot* .

* Pritiskom na dugme *Setup* otvara se dijaloški okvir koji omogućuje podešavanje štampača.

* Po difoltu, uvećanje slike koja se štampa je 200 %, ali to može da se promeni u prozoru *"For printing, zoom to"*

* U vezi sa trajnim čuvanjem podataka na papiru je i dugme *Set* na ploteru i proširenoj slici osciloskopa. Ono omogućuje da se podaci o slici na ekranima ovih instrumenata snime u tekstualni fajl, koji može i da se odštampa.



Slika 51. Dijaloški okvir Print

GLAVA 8

ANALYSIS ANALIZE

Analiza električnog kola je postupak kojim se dobijaju brojčani i grafički podaci koji karakterišu to kolo. Mnogi od podataka nekih analiza mogu da se dobiju i pomoću plotera, osciloskopa, multimetra i drugih instrumenata, ali EWB-ove analize daju preciznije i lepo sređene podatke koji su praktičniji i korisniji od podataka dobijenih instrumentima. Pored toga, analize daju i podatke do kojih ne može da se dođe instrumentima, kao što su podaci o veličini i učestanosti harmonika složenog signala, klir-faktoru itd.

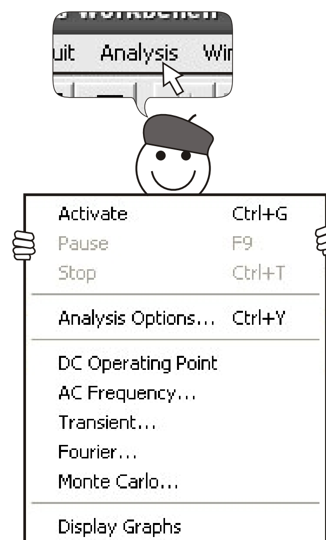
Izbor analize koja će biti obavljena na električnoj šemi kola na ekranu monitora vrši se tako što se u "Liniji sa menijima" klikne na *Analysis*. Na ekran "pada" (otvara se) meni koji je prikazan na slici 52.

Prve tri naredbe iz ovog menija (Activate, Pause/Resume i *Stop*) rade isto što i glavni prekidač i dugme ispod njega.

Analysis Options pruža mogućnost promene nekih od parametara analize, u šta mogu da se upuste samo dobri poznavaoci elektronike i analize električnih kola. Ipak, nije opasno ako se nešto pogrešno promeni u nekom od pet pod-menija. Ako to nije dalo očekivane rezultate ili su rezultati čudnovati, vratite se u *Analysis Options* i kliknite na *Reset dafaults*: sve će biti po starom, odnosno po početnom (po difoltu).

Zatim slede nazivi pet vrsta analiza koje mogu da se obave.

U poslednjem redu je naredba *Display Graphs*. Njome se, pošto su obavljene potrebne analize, kasnije, tokom daljeg rada, pozivaju tabele i grafici dobijene tim analizama.



Slika 52. Meni naredbe Analysis

8.1. DC Operating Point - Analiza jednosmernog režima

Pri ovoj analizi program proračunava i daje u tabelarnom obliku veličine jednosmernih napona u svim čvorovima i veličine jednosmernih struja u svim granama kola.

Kao primer na kome će biti objašnjeno kako se obavlja DC analiza, na slici 53 je prikazano električno kolo koje se sastoji od generatora jednosmernog napona od 12 V, sedam otpornika, jednog kalema i jednog kondenzatora. Pored čvorova, u malim pravougaonicima, su njihovi redni brojevi. Ove brojeve program daje onim redosledom kojim korisnik crta komponente. Ako ovih rednih brojeva nema na slici, treba kliknuti na*Curcuit/Schematic Options/Show-Hide/Show Nodes*.

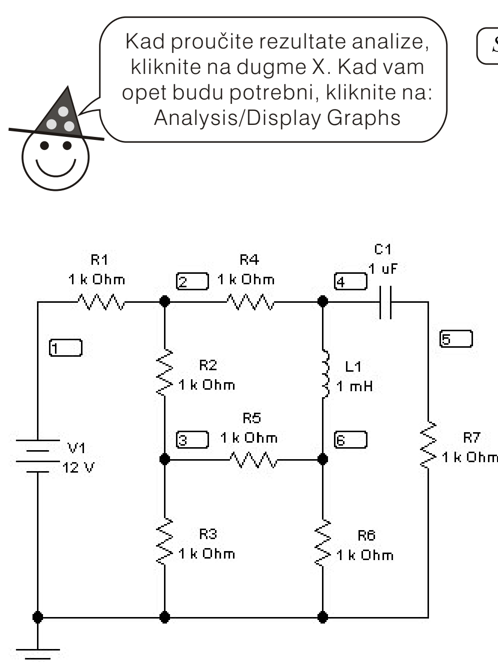
Sada treba otvoriti meni *Analysis* i u njemu klknuti na *DC Operating Point*.Dok trepnete, na ekranu se otvara prozor sa slike 54. To su rezultati analize. 02.slika53.ewb je ime fajla u foderu Slike u kome se nalazi sema sa slike 53. U koloni *Node/Branch* (čvor/grana) su redni brojevi čvorova (1,2...7), grane u kojoj je kalem (L1#branch) i grane u kojoj je baterija (V1#branch). U koloni Voltage/Current (napon/struja) su jednosmerni naponi u čvorovima (12 V, 6 V...3 V) i struje u granama (3 mA i 6 mA).

U gornjem delu okvira na slici 54 je novi *Tool Bar* sa dugmetima kojima mogu da se aktiviraju naredbe koje omogućuju:

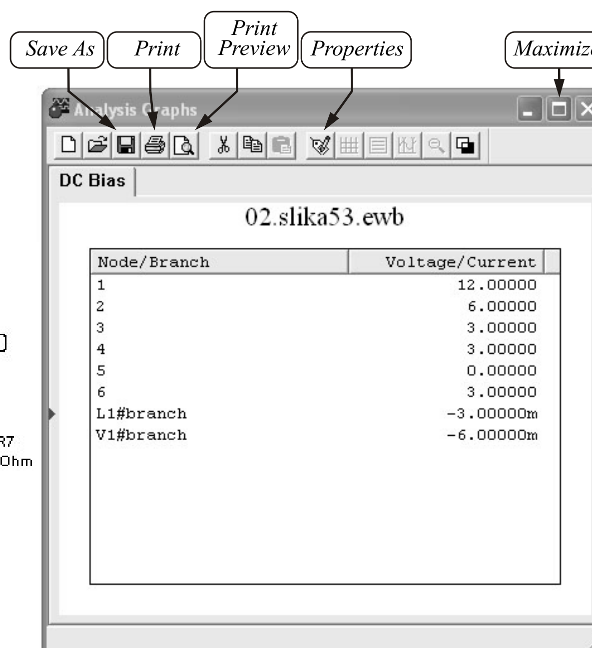
Save As - snimanje rezultata analize u poseban tekstualni fajl.

Print - štampanje rezultatat analize,

Print Preview - razgledanje listova paprira sa reziltatima analize koji izgledaju onako kao što će biti štampani.



Slika 53. Kolo za DC analizu



Node/Branch	Voltage/Current
1	12.00000
2	6.00000
3	3.00000
4	3.00000
5	0.00000
6	3.00000
L1#branch	-3.00000m
V1#branch	-6.00000m

Slika 54. Rezultat DC analize kola sa slike 53

Properties - promenu naziva tabele sa rezultatima, promenu fonta i podesavanje

preciznosti merenja (broj decimala).

Neki od zaključaka koji mogu da se izvedu iz rezultata DC analize kola sa slike 53 su:

* Kalem na slici 53 je idealan, njegova otpornost je jednaka nuli. Zbog toga su naponi u čvorovima 4 i 6 jednaki. Izbrišite kalem, kliknite na njega pa na dugme *Delete* na tastaturi, tako da ns slici ostane samo žica između čvorova 4 i 6. Ponovite DC analizu i dobićete iste rezultate. Znači, tačno je ono što se kaže u praksi: kalem je kratak spoj za jednosmernu struju.

* Kondenzator je beskonačno velika otpornost za jednosmernu struju. Zbog toga kroz orpornik R7 ne teče struja pa je napon na njegovom gornjem kraju (čvor 5) jednak naponu na njegovom donjem kraju, a to znači jednak nuli.

* Struje kroz pojedine otpornike se izračunavaju tako što se razlika napona na njihovim krajevima podeli sa njihovom otpornošću. Na primer, struja kroz otpornik R1 je jednaka:

$$I_{R1}=(U_1-U_2)/R_1=(12V-6V)/1k\quad=6\ mA.$$

* Zapazite interesantnu stvar: naponi na oba kraj otpornika R5 su jednaki. To znači da kroz ovaj otpornik ne teče struja. To, dalje, znači da ovaj otpornik može bilo da se izostavi iz kola bilo da se kratko spoji. Uverite se da je tako, izbrišite ga pa ponovite analizu. Rezultati moraju da budu isti kao i ranije.

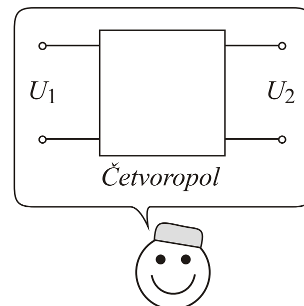
* Proverite svoje znanje iz OET1, izračunajte kolika je ekvivalentana otpornost kola za jednosmernu struju priključenog na generator *V1*. (Imajte u vidu jedan od prethodnih zaključaka, kao i da je kalem je kratak spoj, a kondenzator prekid u kolu.) Prema rezultatima analize ta otpornost je:

$$R_e=V1/I_{R1}=12/(6\cdot 10^{-3})=2\ k\quad.$$

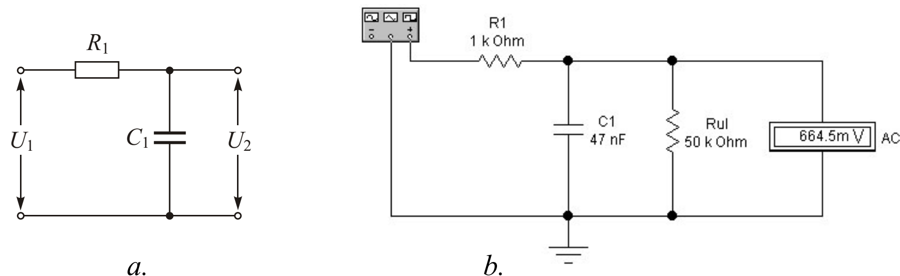
8.2. AC Frequency... - AC analiza

AC analiza je analiza kola za naizmeničnu struju, kojom se dobija amplitudsko-frekvencijsaka karakteristika četvoropola, odnosno zavisnost veličine izlaznog napona od učestanosti ulaznog napona. Najpoznatiji četvoropoli su filtri, pojačavači, atenuatori itd.

Izvođenje AC analize ćemo pogledati na jednom praktičnom primeru, na primeru jednostavnog filtra čija je električna šema prikaznana na slici 55. To je NF (niskofrekventni) filter, čija je uloga da potisne (oslabi) napone čija je učestanost veća od neke zadate veličine koja se naziva granična učestanost filtra. To znači da kada se učestanost napona U_1 sa slike 55 povećava (počevši od nule), veličina napona U_2 počinje da se značajno smanjuje tek kada učestanost postane veća od granične učestanosti. Granična učestanost se definiše kao učestanost na kojoj je $U_2=0{,}707\cdot U_1$. U našem primeru, granična učestanost se računa po obrascu $f_c=1/(2\ fRC)$, što, sa vrednostima kao na slici 55-b, daje $f_c=1/(6{,}28\cdot 1000\cdot 47\cdot 10^{-9})=3{,}4$ kHz. Znači, na toj učestanosti, ako je veličina ulaznog napona 1 V, veličina izlaznog napona je 0,707V, a iznad te učestanosti se naglo smanjuje.

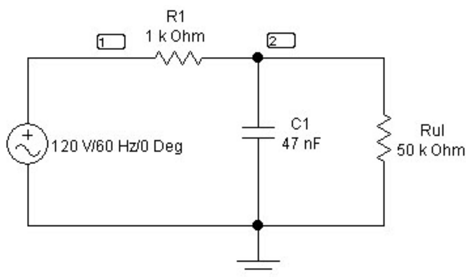


Na slici 55-b je prikazna šema po kojoj može da se snimi zavisnost veličine izlaznog napona filtra od učestanosti . Sa Rul je obeležena ulazna otpornost sledećeg stepena elektronskog uređaja, na koji se vodi napon sa izlaza filtra. Na ulaz filtra je priključen generator funkcija koji daje sinusoidalni napon veličine 1 V. Učestanost generatora se povećava u malim skokovima i za svaku učestanost se, pomoću AC voltmetra, meri izlazni napon. Pomoću dobijenih vrednosti se crta dijagram kod koga je na apscisi učestanost a na ordinati veličina izlaznog napona. Učestanost na kojoj je $U_2=0{,}707$ V je granična učestanost filtra. Ovo merenje i crtanje traje prilično dugo. EWB to radi za tren oka.

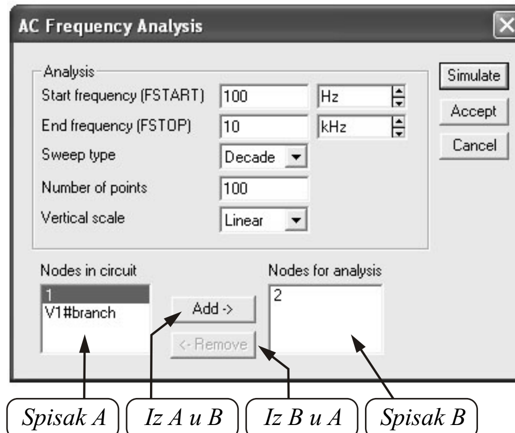


Slika 55. RC NF filter: a - električna šema, b - šema veza za snimanje amplitudsko-frekvencijske karakteristike

Dakle, nacrtajte šemu sa slike 56. To je šema filtra sa prethodne slike na kojoj je umesto generatora funkcija nacrtan *AC* generator. Njega ne treba editovati jer on nema nikakvog uticaja na analizu. Otvorite meni *Analysis* i u njemu kliknite na AC Frequency.... Na ekranu se pojavljuje slika 57. To je dijaloški okvir u kome treba definisati parametre analize:



Slika 56. Šema RC filtra



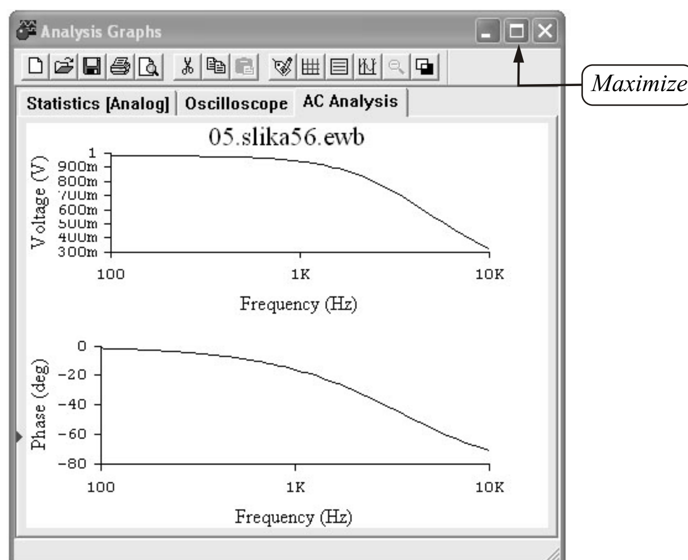
Slika 57. Dijaloški okvir AC analize

a. Početnu učestanost (*FSTART*) i krajnju učestanost (*FSTOP*). U tako definisanom opsegu učestanosti, program će, pri analizi, da menja učestanost ulaznog signala. Pri tome, veličina ulaznog signala će biti 1 V.

b. Ostale veličine (*Sweep Type, Number of points* i *Vertical scale*) podesite da budu kao na slici, a kasnije ponovite analizu pa ih promenite i uočite razlike.

c. U prozoru "Spisak A" se pojavljuju redni brojevi svih čvorova u kolu koje se analizira. U prozor "Spisak B" treba prebaciti čvorove za koje želite da dobijete rezultate analize. Kliknite na broj čvora u "Spisku A" pa na dugme *Add->* i broj će da pređe u "Spisak B". U našem primeru, tako je prebačen čvor 2, pa će rezultat analize biti zavisnost napona između tog čvora i mase od učestanosti, koja će se menjati od 100 Hz do 10 kHz.

Proverite da li vaša slika na ekranu ima iste vrednosti kao na slici 57 pa kliknite na dugme *Simulate*. Na ekranu se otvara prozor *Analysis Graphs* (slika 58) na kome je rezultat *AC* analize. U gornjem delu je dijagram zavisnosti veličine izlaznog napona, a u donjem faznog pomeraja između izlaznog i ulaznog napona od učestanosti.



Slika 58. Rezultat AC analize filtra sa slike 56

Na slici 58 je orijentacioni rezultat. Kompletan se dobija kada se klikne na dugme *Maximize*. Kliknite i pojaviće se slika 59.

U *Tool Bar*-u na slici 59 je više alata kojima se snima, štampa, seče, kopira itd, o kojima je već bilo reči. Da bi ovi alati radili kako treba, prvo kliknite na gornji ili donji deo slike. Tu su i neki novi alati:

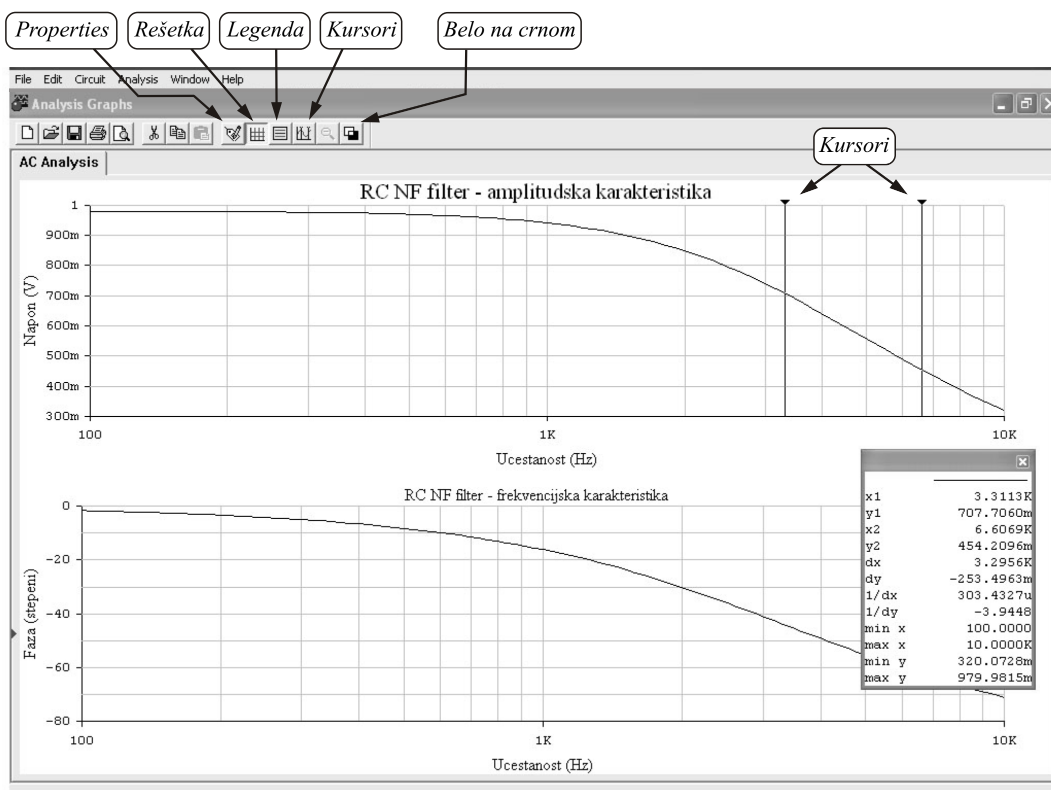
a. *Properties* - otvara/zatvara dijaloški okvir u kome mogu da se promene boje rešetke, naziva i krivih linija, da unesu naše umesto engleskih reči, promeni font, promeni debljina linija itd.

b. Rešetka - crta/briše rešetku na slici.

Legenda - otvara/zatvara prozor u
kome je prikazano u kojoj boji su pojedine krive na dijagramu. U našem primeru, na dijagramima je po jedna kriva. Ali, njih nože biti i više i tada su u različitim bojama, a u prozoru legenda su boje tih linija i brojevi čvorova kojima krive odgovaraju.

Kursori - dovodi na ekran ili briše sa njega dva vertikalna kursora i tabelu sa vrednostima X1 i Y1 i X2 i Y2, koji omogućuju vrlo precizno očitavanje učestanosti (X1 i X2) i odgovarajuće vrednosti napona i faze (Y1 i Y2).

Na slici 59 su vertikalni kursori i tabela sa vrednostima koje odgovaraju položajima kursora. Kursor 1 stoji na učestanosti x1=3,3113 kHz na kojoj izlazni napon ima veličinu



Slika 59. Rezultat AC analize filtra sa slike 56

y1=707,7060 mV, što znači da je granična učestanost ovog filtra f_C=3,3113 kHz. Kursor 2 je na dva puta većoj učestanosti x2=6,6069 kHz, na kojoj napon ima vrednost y2=454,2096 mV. Porastu učestanosti dx=3kHz odgovara smanjenje napona dy=253,4963 mV pa je strmina filtra dy/dx=84,5 (mV/kHz).

U praksi se na vertikalnu osu gornjeg dijagrama ne nanosi izlazni napon već slabljenje filtra. To se u EWB-u lako postiže. Sve što treba da se uradi je da se u dijaloškom okviru sa slike 57 , u prozoru *Vertical scale, Linear* promeni u *Decibel*. U tom slučaju, kada je x2=2x1, odnos dy/dx predstavlja slabljenje u decibelimapo oktavi.

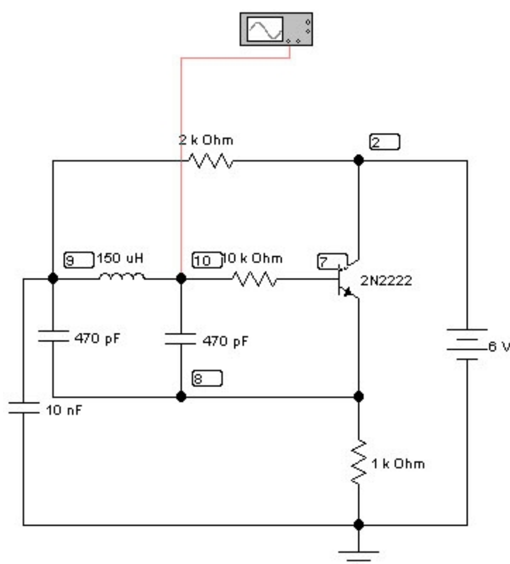


Štedite oči.Klikite na "Belo na crnom".

8.3. Transient Analysis - Tranzijentna analiza

Tranzijentnom analizom sa dobija dijagram koji predstavlja talasni oblik napona, u jednoj ili više tačaka kola, u određenom vremenskom opsegu koji definiše korisnik.

U EWB-u, ova analiza se obavlja automatski kad je u kolo koje se ispituje priključen i osciloskop. Slika na ekranu osciloskopa je rezultat tranzijentne analize, a posmatranje talasnog oblika signala u određenom vremenskom opsegu se vrši pomeranjem slike, pomoću dugmeta "Pomeranje slike" sa slike 35. Posebno obavljanje tranzijentne analize je korisno zbog toga što je rezultat prikazan u obliku u kome iz njega može da se izvede više korisnih zaključaka nego sa slike na ekranu osciloskopa. Inače, tranzijentna analiza je korisna kada se u nekom kolu analiziraju stanja koja vrlo kratko traju, kao što je uspostavljanje struja i napona, prelazna stanja i sl.

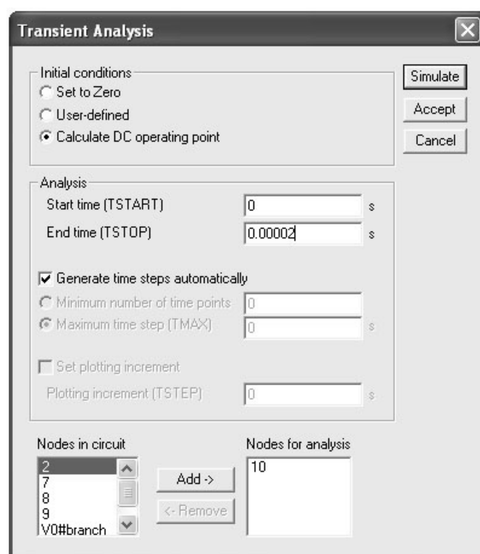


Slika 60. Kolpicov oscilator

Kao primer kroz koji ćemo se upoznati sa postupkom primene tranzijentne analize, posmatraćemo kako se ona primenjuje na Kolpicov oscilator sa slike 60. Analiza se započinje klikom na *Analysis/Transient*, posle čega se otvara dijaloški okvir sa slike 61. U njemu treba uraditi dve stvari:

a. Definisati vremenski interval u kome će biti prikazan talasni oblik signala, jednog ili više njih, odnosno uneti vreme početka (*TSTART*) i vreme završetka intervala (*TSTOP*).

b. Odrediti čvor, ili čvorove, u kojima nas interesuje napon, ili naponi. Redni brojevi svih čvorova u kolu su prikazani u prozoru *Nodes in circuit*, a prenošenje nekih od njih u prozor *Nodes for analysis* se vrši na način



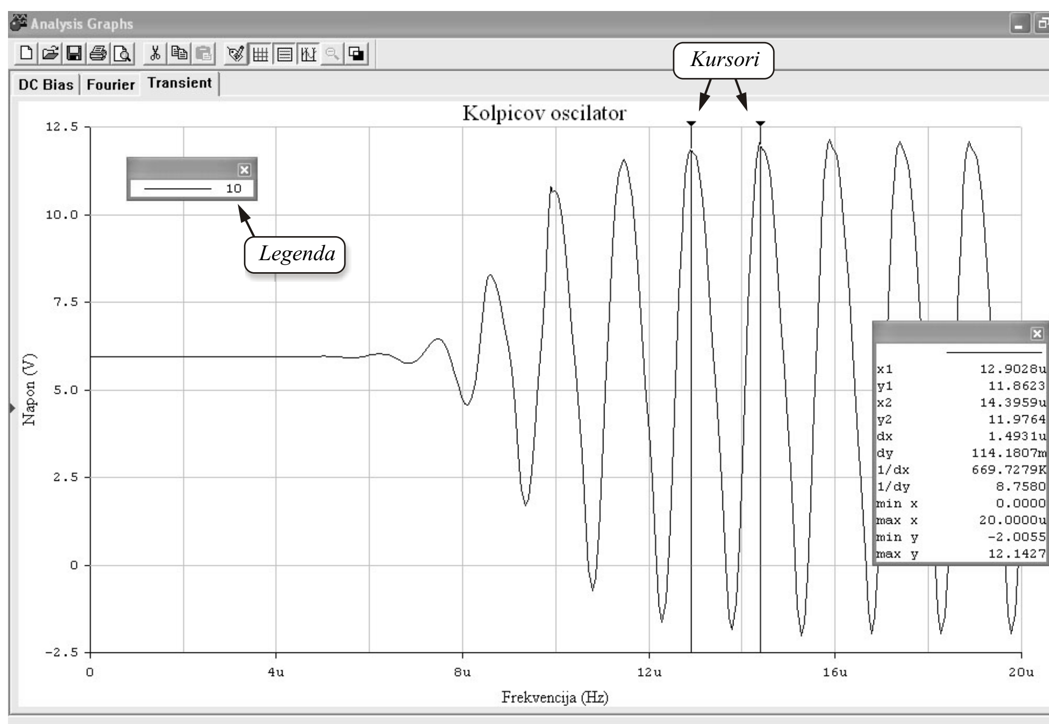
Slika 61. Dijaloški okvir tranzijentne analize

opisan u tekstu u vezi sa slikom 57. U našem primeru, u dijaloški okvir sa slike 61 uneto je *TSTART*=0 s i *TSTOP*=0,00002 s a u prozor *Nodes for analysis* je prebačen čvor broj 10. To znači da ćemo kao rezultate da dobijemo talasni oblik signala u tački na slici 60 sa kojom je spojen levi kraj otpornika od 10 k , u vremenskom intervalu od trenutka uključenja napajanja do trenutka *TSTOP*=20 s.

O ostalim opcijama iz menija sa slike 61 možete da se obavestite ako kliknete na funkcijski taster *F1* pa na *Menu Reference/Analysis Menu/Transient*.

Pošto se završi posao u dijaloškom okviru, treba kliknuti na dugme *Simulate*. Ako se pojavi pitanje "*Stop instrument...*" treba kliknuti na *Yes*. Na ekranu se pojavljuje umanjeni dijagram. Pošto se klikne na dugme za uvećanje slike, na ekranu se pojavljuje slika 62. To je rezultat tranzijentne analize.

I na ovoj slici su dugmeta *Properties, Toggle grid, Toggle legend* itd. o kojima je bilo reči u tekstu u vezi sa slikama 54 i 58. Zapazite da su na ovoj slici nazivi na srpskom. Ako vam se to ne dopada, promenite ih tako da budu na crnogorskom, bošnjačkom, hrvatskom, slovenskom itd. Dakle, kao što je već objašnjeno, kliknite prvo na sliku a zatim na *Properties* pa menjajte, ako nemate nekog drugog pametnijeg posla.



Slika 62. Rezultat tranzijentne analize kola sa slike 60

Sa slike 62 se vidi da oscilator ne počne da normalno radi odmah po uključenju. Normalan rad započinje tek po isteku nekog vremena, koje ja na slici oko 13 s. Kursori su postavljeni tako da se poklapaju sa dva susedna maksimuma napona, pa je učestanost oscilatora: f=1/(x2–x1)=669,7 kHz. Amplituda napona u stacionarnom stanju je oko 7 V.

U levom gornjem uglu je prozor *Legend* u kome stoji obaveštenje da je talasni oblik napona u čvoru 10 (tačnije rečeno, napona između čvora 10 i mase) prikazan crnom bojom.

Na slici 62, u redu iznad naziva "Kolpicov oscilator" su tri dugmeta: *DC Bias, Fourier* i *Transient*. Broj dugmadi u ovom redu može da bude ivećí i manji od tri, što zavisi od toga šta je sve rađeno sa kolom koje se proučava. U ovom konkretnom slučaju, na kolu sa slike 60 su urađene tri analize, DC, Furijeova i tranzijentna. Pritiskom na neko od ovih dugmadi dobijaju se rezultati koji odgovaraju nazivu dugmeta.

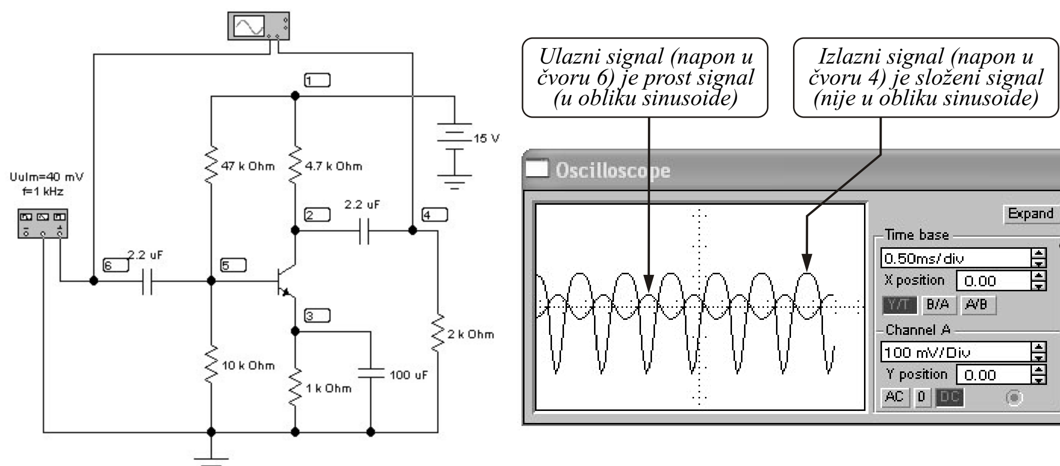
Kada na dijagramu ima više krivih linija, kao rezultat analize u više čvorova kola, pre pozivanja kursora treba kliknuti na jednu od krivih linija.

8.4. Fourier Analysis - Furijeova analiza

Svaki složeni periodični signal (napon ili struja) čija je učestanost f može da se razloži (rastavi) na svoje prostoperiodične komponente. Te komponente se nazivaju harmonici, a njihove učestanosti su f (prvi ili osnovni harmonik), $2f$ (drugi harmonik), $3f$

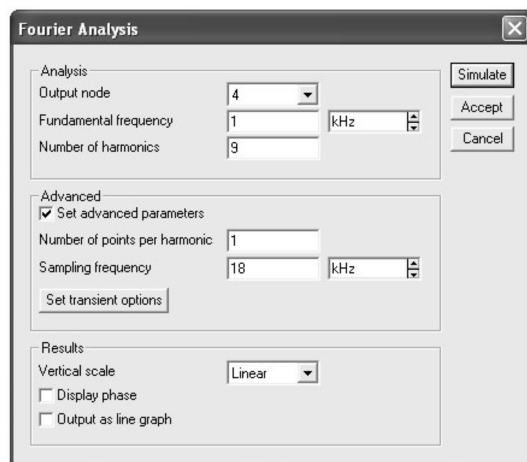
(treći harmonik), 4*f* (četvrti harmonik) ... Harmonici imaju različite amplitude ali kod većine signala amplituda harmonika je utoliko manja ukoliko mu je učestanost veća. Drugačije rečeno, svaki složeni signal učestanosti *f* može da se razloži na više sinusnih signala čije su učestanosti jednake celobrojnim umnošcima *f*, čijim se sabiranjem dobija taj složeni signal. Furijeova analiza koju vrši EWB daje veličinu učestanosti harmonika, njihove amplitude i fazne stavove.

Kao primer, Furijeovu analizu ćemo obaviti na RC pojačavaču napona sa slike 63. Signal koji se pojačava, napon u čvoru 6, je prost signal, sinusnog oblika, amplitude 40 mV i učestanosti 1 kHz. Kao što se vidi na osciloskopu, izlazni signal, napon u čvoru 4, je izobličen, nije istog oblika kao ulazni signal. On nije u obliku sinusoide, što znači da je to složeni signal. Furijeova analiza treba da nam pokaže koliko harmonika ima ovaj signal i kolike su im učestanosti, amplitude i faze.



Slika 63. Izobličenja usled prevelikog ulaznog signala

Analiza se započinje tako što se klikne na *Analysis/Fourier*. Posle toga, otvara se dijaloški okvir sa slike 64 u kome se definišu uslovi pod kojima se vrši analiza. U ovaj okvir treba uneti sledeće podatke:



Slika 64. Prvi dijaloški okvir Furijeove analize

a. *Output node* - redni broj čvora u kome je signal koji treba analizirati. U našem primeru taj broj je 4.

b. *Fundamental frequency* - osnovnu učestanost (učestanost prvog harmonika) signala koji se analizira. U našem primeru to je 1 kHz.

c. *Number of harmonics* - broj harmonika čije učestanosti i amplitude treba izračunati.

d. Čekirati (potvrditi) *Set advanced parameters* i kliknuti na dugme *Set transient options...* To dovodi do otvaranja još jednog, drugog, dijaloškog okvira koji se zove *Transient Analysis*, koji ovde nije prikazan. U njemu treba promeniti vremena *Start time* i *End time* u : *TSTART=0.501* i *TSTOP=0.505*. Posle toga treba kliknuti na dugme *Accept,* što dovodi do vraćanja na prvi dijaloški okvir, u kome treba kliknuti na *Simulate*.

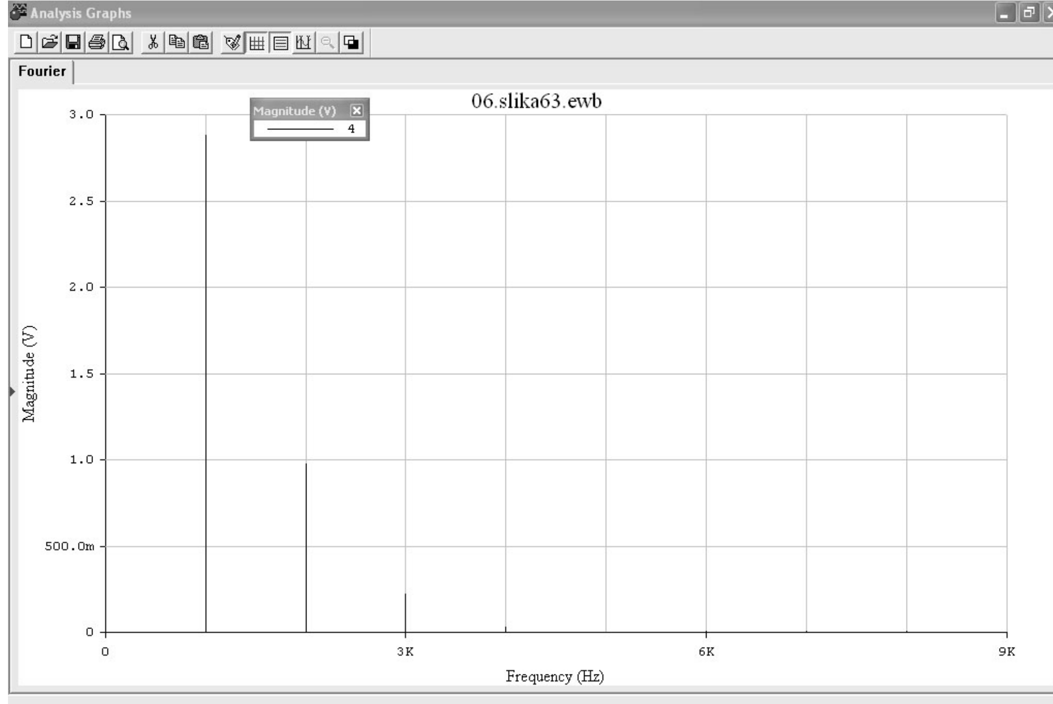
Sačekajte da EWB obavi svoj posao i na ekranu će se otvoriti prozor *Analysis Graphs*. To su rezultati Furijeove analize. Klikom na dugme *Maximize*, uveličajte sliku. Kliknite na donji deo slike pa na dugme *Cut* (makaze). Zatim kliknite na sliku pa na dugme *Toggle Grid* (Rešetka) i na ekranu će biti slika 65. Na apscisi je frekvencija (*Frequency*) a na ordinati veličina (*Magnitude*) harmonika složenog signala u čvoru 4 (između njega i mase).

Na ovoj slici se vidi da složeni signal u čvoru 4 može da se rastavi na na tri harmonika čije su učestanosti 1 kHz, 2 kHz i 3 kHz. Kliknite na dugme *Toggle Cursors*. Uhvatite kursor 1 i, prateći šta se dešava u tabeli *Magnitude (V),* pomerite ga u položaj x1=1.0000K. Pročitajte y1, to je amplituda prvog harmonika. Zatim, pomerite kursor u položaj x1=2.0000K i izmerite amplitudu drugog, pa u položaj x3=3.0000K i izmerite amplitudu trećeg harmonika. Trebalo bi da dobijete: y1=2,8785 V, y2=978,5104 mV i y3=226,0174 mV.

Pomerite kursor u položaje x1=4.0000K, X1=5.0000K itd. i izmerite amplitude odgovarajućih harmonika.

Kliknite na prazno mesto na ekranu pa na dugme *Paste*. Pojavljuje se isečeni donji deo slike. U njemu piše *Total harmonic distortion...* 34.91481. To je faktor izobličenja *k* (klir-faktor) ili, kako to obeležavaju Ameri, *THD*. Znači, *k=THD*= 34,91481%.

Smanjite amplitudu ulaznog signala pa ponovite analizu. Po teoriji, amplitude harmonika su manje, a time je i klir faktor manji.



Slika 65. Rezultat Furijeove analize kola sa slike63

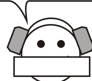
Povećajte amplitudu ulaznog signala, amplitude harmonika i klir faktor se povećavaju.

Promenite radnu tačku tranzistora (promenom otpornosti otpornika u kolu baze) i ponovite analizu. Uverite se da izobličenja zavise od položaja radne tačke.

Ovaj tekst je pisan pod pretpostavkom da čitaoci imaju pred sobom kompjuter sa pokrenutim EWB-om i da rade ono što im autor savetuje: crtaju slike, pritiskaju razna dugmeta itd. Ali, ako čitaoci žele da ubrzaju stvari, na raspolaganju su slike u folderu PRIMERI\Primeri iz ove knjige\Slike.







GLAVA 9

VEŽBE

U ovoj glavi je obrađeno nekoliko primera praktične primene EWB-a u analizi elektronskih kola. Sve slike su kopije originalnih slika iz EWB-a, a čitaoci treba da ih nacrtaju da budu tačno onakve kakve su prikazane. Inače, sve ove slike se nalaze u folderu PRIMERI\Primeri iz ove knjige\Slike. Veliki broj sličnih primera nalaze se u folderima Elektronika 1, Elektronika 2, Osnove elektrotehnike itd., koje autor preporučuje svim čitaocima, a naročito studentima i učenicima elektrotehničkih škola.

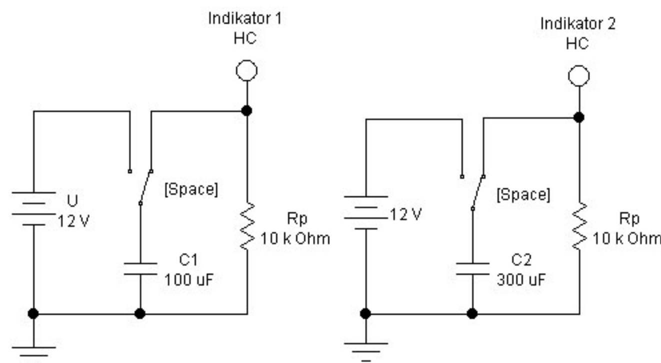
9.1. Q=C·U

Kada se oba preklopnika na slici 66 prebace u leve položaje, oba kondenzatora se napune. Količine elektriciteta (opterećenja) kondenzatora su:

$Q_1=C_1\cdot U=100\ \ \text{F}\cdot 12\text{V}=0{,}0012\,\text{C}$ i

$Q_2=C_2\cdot U=300\ \ \text{F}\cdot 12\text{V}=0{,}0036\,\text{C}$.

Znači, količina elektriciteta kojom je napunjen C2 je tri puta veća od količine elektriciteta kojom je napunjen C1.



Slika 66. Pražnjenje kondenzatora

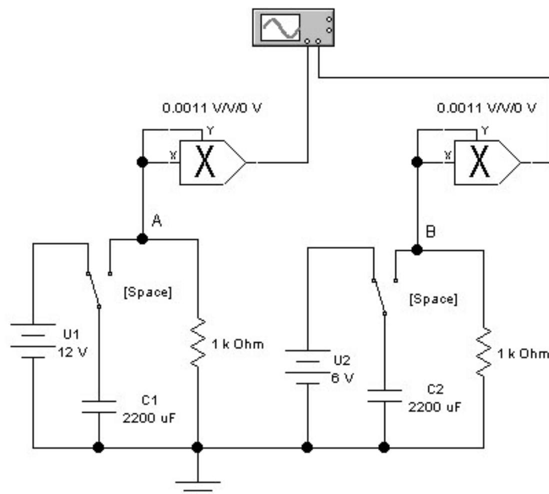
Kada se preklopnici prebace u desne položaje, kondenzatori se prazne kroz potrošače istih otpornosti Rp. Pražnjenje oba kondenzatora se obavlja na sličan način ali je jasno da će napon na C1 ranije da se smanji sa 12 V na 9 V, nego napon na C2.

Indikatori 1 i 2 svetle sve dok napon u tački u koju su priključeni ne bude manji od 9 V. Na osnovu rečenog, ja-sno je da će, kada se oba preklopnika
prebace iz levog u desni polozzaj, Indikator 2 svetleti duže od indikatora 1. Kliknite na prazno mesto na ekranu (izvan prozora *Description*) pa na glavni prekidacc. Pritisnite razmaknicu (najveću dirku) na tastaturi i oba preklopnika će preći u desni položaj. Zapazite da Indikator 2, stvarno, svetli znatno duže.

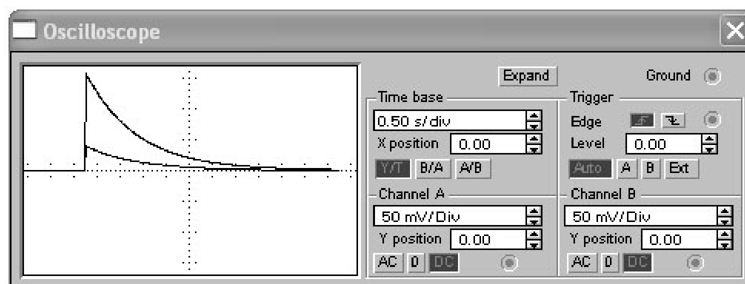
9.2. W=0,5·C·U^2

Energija napunjenog kondenzatora je data obrascem W=0,5·C·U^2. U našem primeru, kada su oba preklopnika u levom položaju, pošto je U_1=2·U_2, jasno je da je energija napunjenog C_1 četiri puta veća od energije napunjenog C_2. Kada se preklopnici prebace u desni položaj, oba kondenzatora se prazne kroz iste potrošače, njihova se energija smanjuje ali je energija C_1 stalno četiri puta veća. U blokovima obeleženim sa X obavlja se dizanje na kvadrat napona u tačkama A i B. Pored toga u njima se vrši množenje sa 0,0011 (to je 0,5·2200 F), što znači da brojevi na izlazima oba bloka predstavlja-ju energiju u džulima.

Kliknite na prazno mesto na ekranu (izvan prozora *Description*) pa na glavni prekidač i pritisnite i otpustite razmaknicu na tastaturi. Na ekranu osciloskopa se pojavljuju dve krive: crvena koja pokazuje kako se tokom vremnena smanjuje energija C_1 i plava koja prikazuje kako se tokom vremena smanjuje energija C_2. Kliknite na dugme *Pause* (ispod glavnog prekidača) pa na dugme *Expand* (na osci-



Slika 67. Energija kondenzatora



Slika 68. Krive pražnjenja kondenzatora sa slike 67: gore - C1, dole - C2

loskopu). Uhvatite pointerom dugme odmah ispod ekrana osciloskopa i pomerajte ga dok se na ekranu ne pojave obe krive linije. Izmerite obe ordinate u bilo kom trenutku i uverite se da je njihov odnos uvek 4:1.

9.3. Prilagođenje po snazi

Generator elektromotorne sile E i unutrašnje otpornosti R_g predaje potrošaču otpornosti R_p maksimalnu snagu kada je R_g=R_p. Tada se kaže da je između generatora i potrošača ostvareno prilagođenje po snazi.

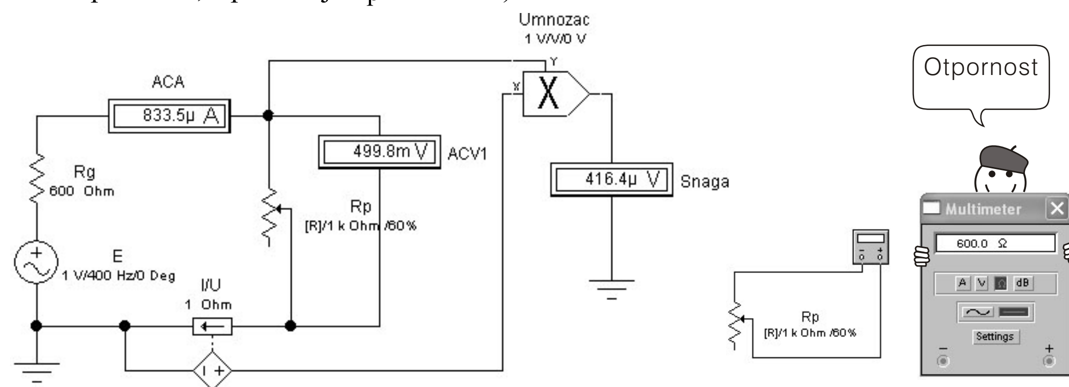
Na slici 69, snaga na potrošaču R_p je jednaka proizvodu struje koju pokazuje ampermetar

ACA i napona koji pokazuje voltmetar *ACV1*. Nju pokazuje voltmetar "Snaga", koji sa pretvaračem I/U i umnožačem napona X obrazuje vatmetar.

Pritiskom na *R* ili *Shift+R* menjajte otpornost potrošača dok "Snaga"ne pokaže maksimalnu snagu. Uverite se da je tada R_p=R_g=600 .

Promenite vrednost R_g pa ponovite podešavanje.

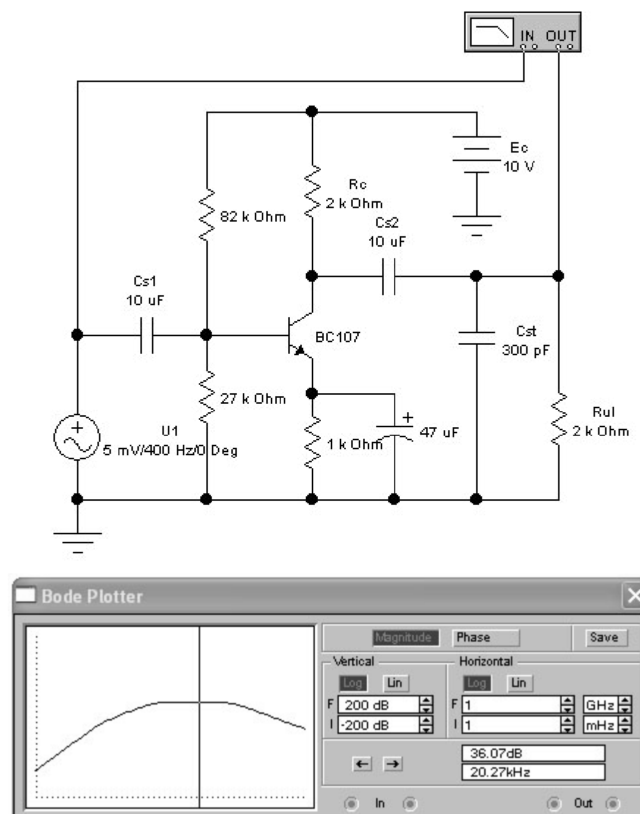
* Otpornost potrošača je jednaka procentu od 1000 u oznaci za R_p. (Na primer, ako u oznaci piše 45%, otpornost je R_p=450 oma.)



Slika 69. Prilagođenje po snazi

9.4. RC pojačavač

Na slici 70 je pojačavač napona sa tranzistorom u spoju zajedničkog emitera. Kliknite na glavni prekidač i na Bodeovom ploteru će da se pojavi amplitudsko-frekvencijska karakteristika. Uhvatite kursor (vertikalna linija u levom delu ekrana plotera) i vucite ga u desno tako da dodje u oblast gde je pojačanje maksimalno (A_u=36 dB). Pomerajte kursor ulevo dok se pojačanje ne smanji na 33 dB i pročitajte učestanost. To je donja granična učestanost f_d (oko 230 Hz). Slično tome, vucite kursor u desno i pročitajte gornju graničnu učestanost f_g (oko 560 kHz).



Slika 70. RC pojačavač

* Povećajte kapacitivnost Cs1 i Cs2, pa ponovo kliknite na glavni prekidacc. f_d bi trebalo da je niža. Promenite veličinu Cst (štetna kapacitivnost) i proverite kako to utiče na f_g.

* Precizniji rezultati se dobijaju ako kliknete na *Analysis/Display Graphs*. Na uvećanom dijagramu kliknite na ikonice *Toggle Grid* i *Toggle Cursors*. Kursore odvucite u tačke u kojima je y1=33 i y2=33 i pročitajte odgovarajuće x1 i x2. To su f_d i f_g.

* Povećajte/smanjite kapacitivnosti Cs1, Cs2 i Cst, pa pogledajte rezultate.

* Vežite ampermetar (*AC*) na red sa Cs1. Ulazna otpornost je koliccnik U1 i struje kroz ampermetar.

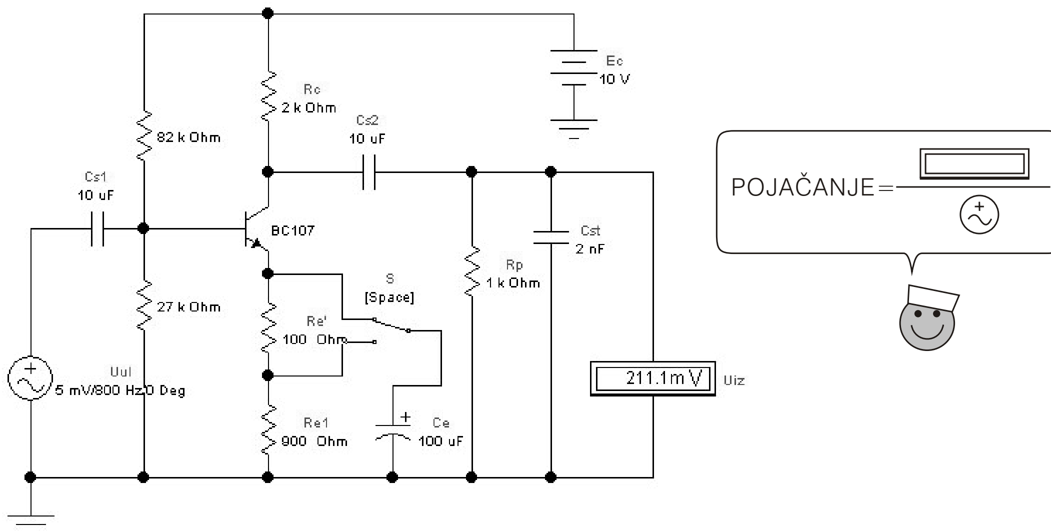
* Menjajte otpornosti otpornika i zapazite kako to utiče na veličinu pojačanja.

* Probajte sve što vam padne na pamet.

9.5. Negativna reakcija

Kada je u pojačavaču na slici 71 preklopnik S u gornjem položaju, nema strujne negativne reakcije i pojačanje napona je $A_u=U_{iz}/U_{ul}$=211mV/5mV=42.

Kada je preklopnik S u donjem polozaju, kondenzator kratko spaja samo deo emiterske otpornosi (Re1). Na preostalom delu emiterske otpornosti (Re') se ostvaruje umerena negativna rekcija i pojačanje je A_u=5,5.



Slika 71. Negativna reakcija

Izvršite *AC* analizu za oba položaja preklopnika S i uverite se da negativna reakcija proširuje propusni opseg pojačavača, odnosno da se pri negativnoj reakciji donja granična učestanost f_d smanjuje, a gornja granična učestanost f_g povećava).

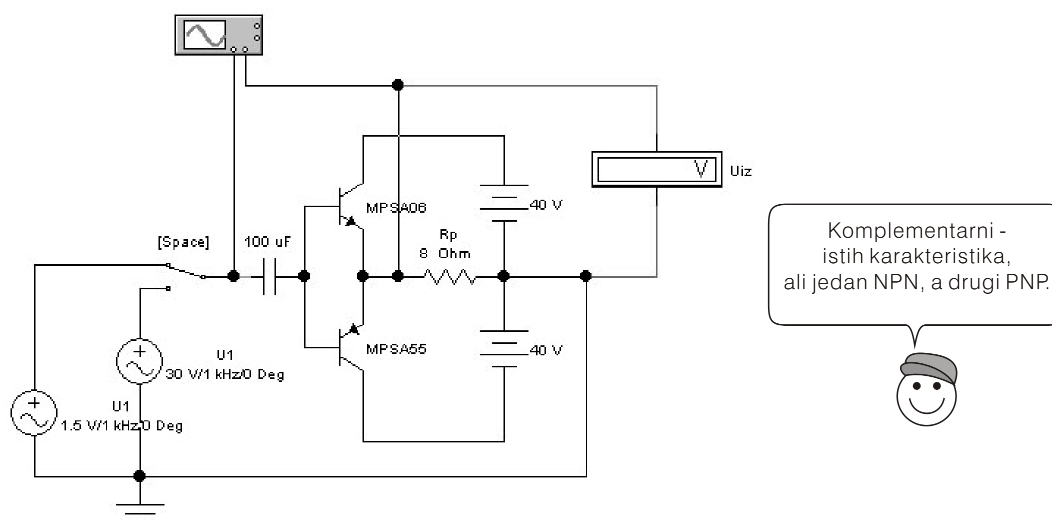
* Eksperimentišite sa veličinma otpornosti Re1 i Re' i zapazite kako to utiče na veličinu pojačanja i veličine donje i gornje granične učestanosti.

9.6. Pojačavač snage sa komplementarnim tranzistorima

Maksimalna izlazna snaga pojačavača snage sa komplementarnim tranzistorima sa slike 72 je:

$$P_{izmax}=(U_{izmax})^2/R_p,$$

gde je U_{izmax} - maksimalni izlazni napon pri kome izobličenja nisu veća od neke zadate vrednosti, a R_p - otpornost potrošača. U našem primeru, maksimalna snaga je oko 100 W, a ostvaruje se pri pobudnom signalu U1=30V. U ovom slučaju Furijeova analiza pokazuje da su izobličenja k=1,66%. Pri manjoj snazi, izobličenja treba da budu manja.

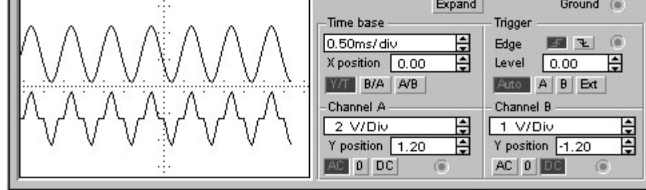


Slika 72. Pojačavač snage sa komplementarnim tranzistorima

Prebacite preklopnik u gornji položaj tako da je ulazni napon U1=1,5 V. Podesite osetljivost kanala B na osciloskopu na 1V/Div, tako da lepo vidite izlazni signal i zapazite kako je izobličen (slika 72). Zapazite da je sada i pojačanje znatno manje. Kao što vidite, ova tzv. pre-lazna izobličenja su značajna samo pri maloj izlaznoj snazi.

Izvršite Furijeovu analizu pojačavača i pogledajte koliki je THD. Povećavajte ulazni signal dok ne bude THD=10%. Izračunajte izlaznu snagu. To je maksimalna izlazna snaga, za one koji smatraju da THD=10% može da se toleriše.



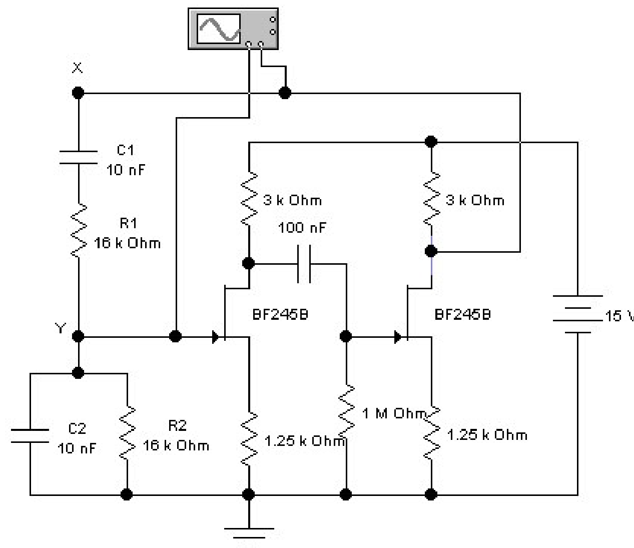




Slika 73. Izlazni signal (dole) pojačavača sa slike 72 pri malom pobudnom signalu

9.7. Oscilator sa Vinovim mostom

Vinov most, koji na slici 74 obrazuju C1, R1, C2 i R2, se ponaša kao paralelno oscilatorno kolo. Ako je C1=C2=C i R1=R2=R, kvazirezonantna učestanost mosta je data obrascem f=0,159/(RC). Na toj učestanosti radi oscilator. Sa vrednostima otpornosti i kapacitivnosti kao na slici 74, učestanost oscilatora je f=0,159/(16·10·10^{-6})=994 Hz. Na toj učesta-nosti odnos napona između tačke X i mase i napona između tačke Y i mase je jednak 3, a to je, kao što se vidi na slici, pojačanje dvostepenog pojačavača sa FET-ovima: A=3. Ako





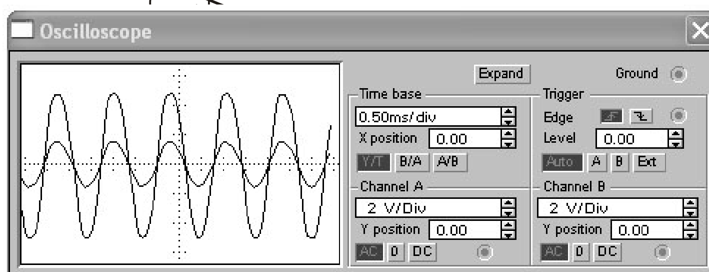
Slika 74. Oscilator sa Vinovim mostom

izlazni napon pojačavača obeležimo sa U_{iz}, a to je napon između tačke X i mase, tada je napon na ulazu u pojačavač, a to je napon između tačke Y i mase, $U_{ul}=U_{iz}/3$. Koeficijent povratne sprege, broj koji pokazuje koliki se deo izlaznog napona vraća na ulaz pojačavača, je =U_{ul}/U_{iz}=1/3. Kao što se vidi, zadovoljen je Barkhauzenov uslov oscilovanja: ·A=1.

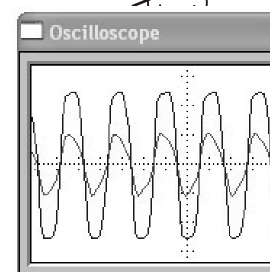
Sve ovo je bila teorija. Na čitaocima je da se uvere da je sve to tačno. Nacrtajte sliku 74, ili je pozovite iz foldera "PRIMERI\Primeri iz ove knjige\Slike", pa kliknite dva puta na osciloskop, pa na glavni prekidač. Zaustavite trčanje slike, proširite sliku i izmerite amplitude napona U_{ul} i U_{iz} i podelite ih. Zatim izmerite učestanost. Voltmetrom proverite da li je napon u tački X tri puta veći od napona u tački Y itd.

Teorija kaže da ako je znatno veće od 1/A signal će biti izobličen, a ako je znatno manje od 1/A - neće biti oscilovanja. Proverite, povećajte R1, recimo na 22 k , time ste









Slika 75. Talasni oblici signala u oscilatoru sa slike 74

smanjili , i signal će biti manje izobličen, više nalik na sinusoidu. Smanjite R1, recimo na 12 k , time ste povećali , i signal će da bude više izobličen.

Još neka objašnjenja u vezi sa Vinovim oscilatorom možete da nađete u fajlu PRIMERI\Elektronika1\71.VinovoKolo.ewb.

9.8. A741

Ono što su BC107 i 2N3055 među tranzistorima, to je 741 među operacionim pojačavačima: jedan od najstarijih i najpopularnijih operacionih pojčavača svih vremena. Električna šema ovog čiče koji se uspešno nosi sa desetinama godina mlađim konkurentima je data na slici 76. Ovaj model, napravljen na *Berkeley University of California*, ima 23 bipolarna tranzistora, 50 čvorova i 157 grana.

Kolo je povezano kao invertujući pojačavac. Otpornici koji određuju pojačanje su Rf=100k i Rs=1,25k, pa je pojačanje:

A= – Rf/Rs= – 100k/1,25k= – 80.

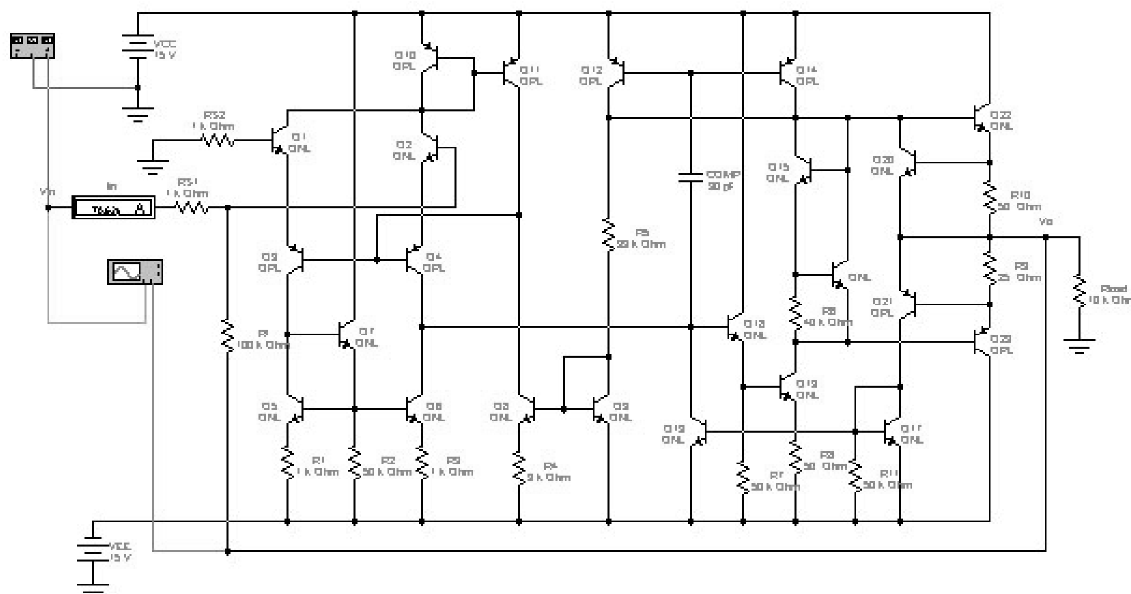
Ulazna otpornost je:

*R*ul=Vin/Iin=70,7mV/70,6mikroA=1 kOm.

Ne crtajte sliku 76. Ona je u: Slike\14



Dakle(m), nacrtajte sliku 76, pa izmerite pojačanje, ulaznu i



Slika 76. Električna šema operacionog pojačavača A741

izlaznu otpornost. Izvršite AC analizu i pronađite graničnu učestanost pojačavača. Ako vas interesuju jednosmerni naponi i struje, izvršite DC analizu, a ako vas interesuju izobličenja izvršite Furijeovu analizu. Probajte šta vam padne na pamet pa, ako nešto upropastite, kliknite na *File/Revert to Saved*, a ako napravite nešto mnogo dobro na *File/Save As*.

9.9. Trostatičko NI kolo

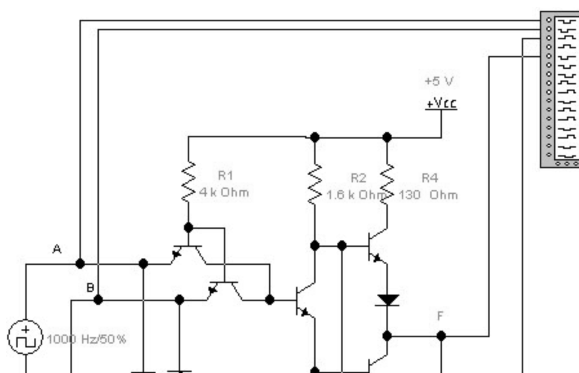
Na izlazu trostatičkih, tačnije bi bilo reći trostanjskih, logičkih kola može da postoji jedno od tri stanja: logička nula, logička jedinica i "ništa". Stanje "ništa", jednostavno, znači da kolo sa tim stanjem na izlazu ne postoji za kola koja su vezana na taj izlaz.

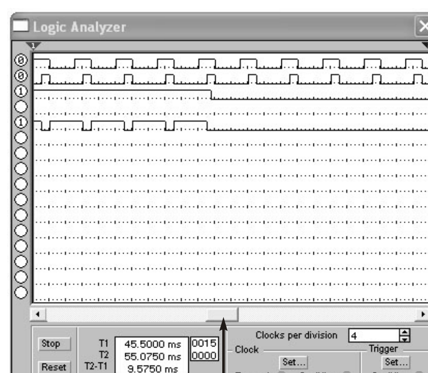
Na slici 77 je prikazan model trostatičkog NI kola, napravljen u *"Nikola Tesla" ETŠ of Belgrade, koji* ima 5 bipolarnih tranzistora, 4 diode, 5 otpornika, 10 čvorova i više grana.

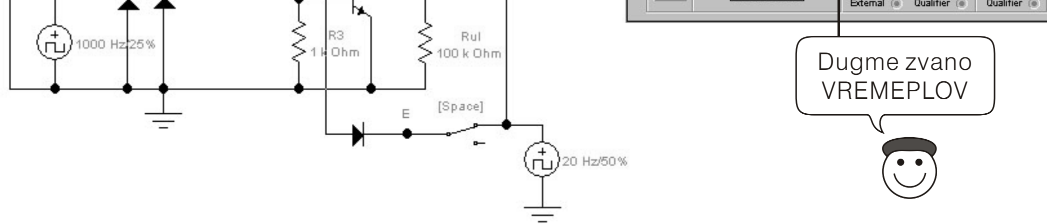
Ovo kolo ima tri ulaza: A i B, kao i obično NI kolo, i E. Kada je na ulazu E logička jedinica, kolo se ponaša kao obično NI kolo. Kada je na ulazu E logička nula, kolo se ponaša kao trostanjsko kolo: izlaz F je odsečen od ostatka kola, ni na nebu ni na zemlji, što bi rekao naš narod. Na sva tri ulaza se dovode signali (nule i jedinice) iz tri klok generatora. Njihovi talasni oblici su prva tri dijagrama na ekranu logičkog analizatora na slici 76. Četvrti dijagram je talasni oblik izlaznog signala.

Kliknite na glavni prekidač i sačekajte da EWB obavi posao, a onda dugme VREME PLOV pomerite skroz ulevo. Zatim ga lagano pomerajte udesno i posmatrajte kako su, u proteklih nekoliko sekundi, izgledala stnja na ulazima i izlazu kola.

Eksperimentišite sa učestanostima i *Duty cycle* generatora signala, kao i sa opcijama logičkog analizatora.



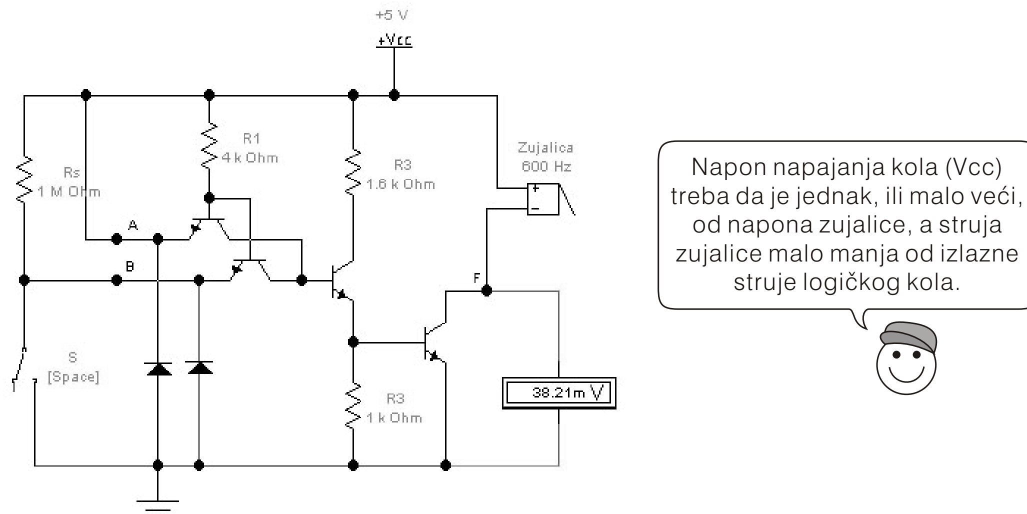




Slika 77. Trostatičko (sa tri stanja) NI kolo

9.10. NI kolo sa otvorenim kolektorom

Ovaj primer, koji je prikazan na slici 7.8, je namenjen čitaocima koji misle da se logička kola koriste samo u kompjuterima i sličnim digitalnim uređajima. Ne, pomoću njih je moguće napraviti i mnoštvo drugih elektronskih uređaja, sve, kao i obično, zavisi od znanja i mašte konstruktora.



Slika 78. NI kolo sa otvorenim kolektorom

Model NI kola sa otvorenim kolektorom, koji je prikazan na slici 78, napravljen u *"Nikola Tesla" ETŠ of Belgrade*, ima 4 tranzistora, 2 diode, 4 otpornika i više čvorova i grana. Izmedju izlaza F i pozitivnog kraja izvora za napajanje prikljuccen je bazer (zujalica, po naški). Kada je preklopnik S u levom položaju, na oba ulaza je logička jedinica, pa je na izlazu F logička nula. To znači da je tada negativan kraj zujalice spojen sa masom, pa je na njoj (zujalici) napon od 5 V i ona svira.

* Ako se kao prekidač S koristi prekidač koji se montira na ulazna vrata, a koji je zatvoren kad su vrata zatvorena, zujalica će da proradi kad se ta vrata otvore.

* Ako se umesto prekidača S koriste dve metalne šipke pobodene u zemlju u saksiji sa cvećem, zujalica ne svira sve dok je zemlja vlažna i ponaša se kao dobar provodnik. Kad se zemlja osuši, prekida se veza izmedju ulaza B i mase, i zujalica počinje da svira i na taj način opominje vlasnika cveća da je vreme za zalivanje. Menjanjem otpornosti R_S može da se podesi pri kojoj vlažnosti će da se ukljuci zujalica.

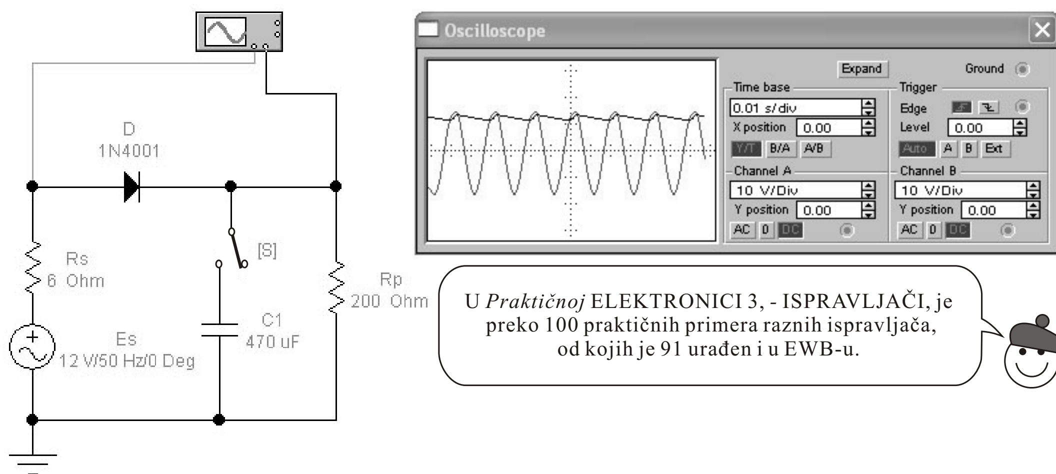
U ovom primeru je korišćen samo ulaz B, a na ulazu A je stalno bila logička jedinica. Naravno da je moguće koristiti oba ulaza. Na primer, ako na ulazu B ostanu sonde pobijene u zemlju u saksiji, a između ulaza A vežete otpornik prema masi i fotootpornik prema +Vcc, zujalica će da svira samo preko dana. Promenom otprornosti otpornika, može da se podesi pri kojoj jačini svetlosti će uređaj da "prosvira".

9.11. Jednostrani ispravljač

Na slici 79 je prikazan ispravljač kod koga se koristi jednostrano usmeravanje naizmeničnog napona. Generator naizmeničnog napona Es i otpornik Rs imitiraju sekundar mrežnog transformatora: Es je napon praznog hoda sekundara, a Rs je otpornost žice kojom je namotan sekundar. Rp je otpornost potrošača koji se napaja jednosmernom strujom iz ispravljača.

Kliknite na glavni prekidac O/I u gornjem desnom delu ekrana. Na ekranu osciloskopa su talasni oblici napona na sekundaru mrežnog transformatora (crveno) i napona na potrošaču (plavo). Sacekajte nekoliko sekundi pa kliknite na dugme *Pause*, ispod glavnog prekidača, pa na dugme *Expand*, na osciloskopu. Pomerite uvećanu sliku osciloskopa tako da se lepo vide i ona i šema. Na prečagi ispod ekrana osciloskopa pomerite dugme na sredinu.

Napon na potrošaču je u obliku povorke pozitivnih poluperioda. Istog takvog oblika je i struja kroz potrošač. Kao što se vidi na ekranu, amplituda napona na potrošaču je, za pad napona na diodi, manji od napona na sekundaru transformatora. Kliknite na prazno mesto na ekranu monitora pa pritisnite dirku S. Time ste u ispravljač dodali i kondenzator C1. Ponovo pritisnite dugme O/I. Na ekranu osciloskopa su ponovo isti naponi, ali je sada napon na potrošaču jednosmeran.



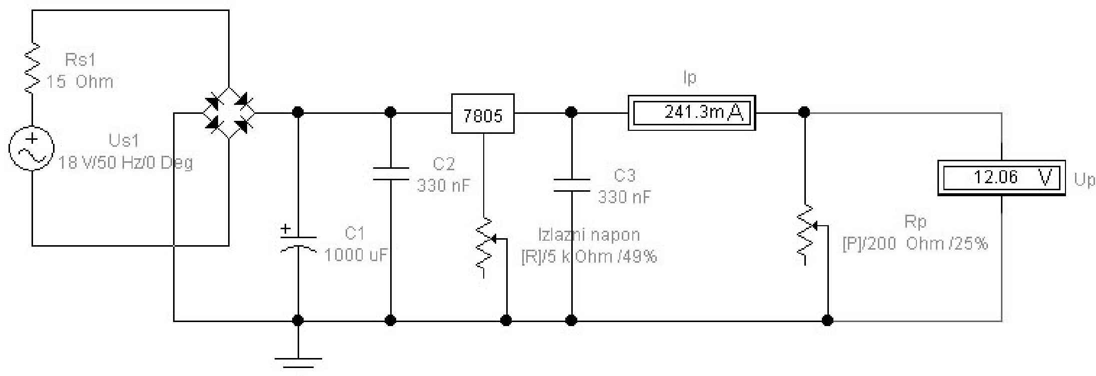
Slika 79. Jednostrani ispravljač

Eksperimentišite sa šemom. Proverite šta se dešava kada se kapacitivnost kondenzatora C1 poveća, a šta kad se smanji. Smanjite otpornost potrošča i zapazite kako to utiče na talasnost jednosmernog napona. Smanjite napon Es, recimo za 10 % (to je posledica smanjenja mrežnog napona sa 220 V na 200 V, što se dešava u stvarnosti), i zapazite kako se to ispoljava na veličinu jednosmernog napona. Povećajte napon Es, recimo za 10 % (to je posledica povećanja mrežnog napona sa 220 V na 240 V, što se takođe dešava u stvarnosti) pa zapazite uticaj ove promene na jednosmerni napon itd.

9.12. Stabilisani ispravljač

Na slici 80 je prikazana električna šema ispravljača kod koga je jednosmerni izlazni napon stabilisan. To znači da on ima konstantnu vrednost, bez obzira na promene mrežnog napona i veličinu struje ispravljača.

Kao i u prethodnom primeru, Us1 i Rs1 imitiraju sekundar mrežnog transformatora. Veličina izlaznog napona ispravljača se podešava na potrebnu vrednost pomeranjem klizača "Izlazni napon". Reostatom Rp se imitira potrošač.



Slika 80. Stabilisani ispravljač

Integrisani stabilizator 7805 je namenjen za korišćenje u ispravljačima čiji izlazni napon treba da je 5 V. U primeru na slici 80, to bi bilo ostvareno ako bi srednja nožica kola bila povezana direktno sa masom. Dodavanjem potenciometra "Izlazni napon" ostvaren je stabilizator čiji izlazni napon može da se podešva od 5 V do 19 V.

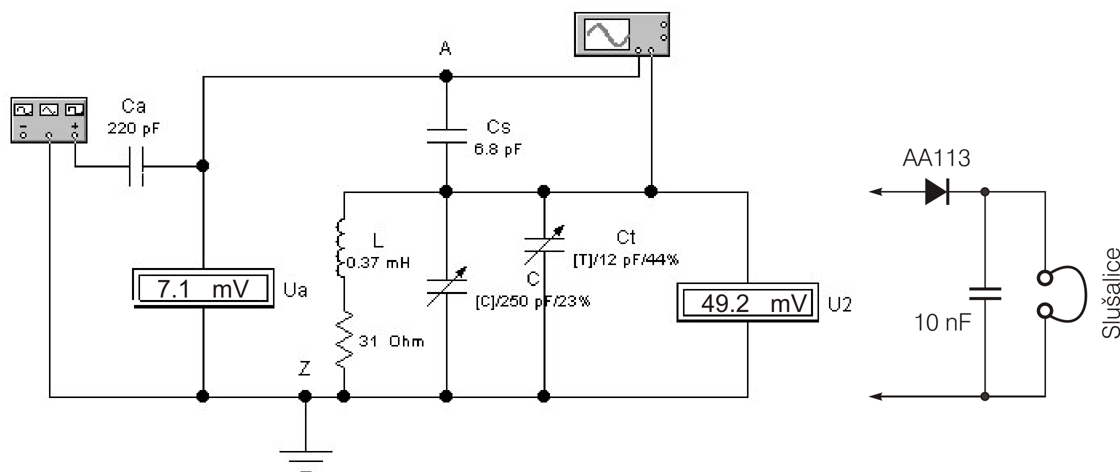
Podesite izlazni napon na Up=12 V, pa menjajte Us1 (time imitirate promene mrežnog napona) i otpornost Rp (time ostvarujete razne struje potrošača, koje čitate na ampermetru Ip) i verite se da izlazni napon "ne mrda".

* Pri eksperimentisanju sa ovim kolom imajte u vidu da u model stabilizatora 7805 nije ugradjena zastita od kratkog spoja. U stvarnosti, maksimalna struja 7805 je 1 A.

9.13. Ulazno kolo sa kapacitivnom spregom

Ovaj primer je namenjen ljubiteljima radiotehnike. To je ulazno kolo AM radio-prijemnika čija je električna šema prikazna na slici 81. Ako se, umesto voltmetra U2, priključi kolo prikazano u desnom delu slike dobija se vrlo jednostavan radio-prijemnik kojim, uz dobru spoljnu antenu, može da se ostvari prijem jačih i lokalnih radio-predajnika koji emituju u opsegu srednjih talasa.

* **Pojačanje ulaznog kola**. Na ulaz kola je doveden signal (napon) iz generatora funkcija, čija je učestanost *f*=981 kHz. (To je učestanost na kojoj, na srednjim talasima, emituje Radio Čačak.) Kao što pokazuje voltmetar "Ua", efektivna vrednost ovog napona je Ua=7,1 mV. Kolo je dovedenu u rezonanciju promenom kapacitivnosti promenljivog kondenzatora C. Mada se u praksi to nikako ne radi, ovde je vrlo precizno podešavanje ostvareno pomoću trimer kondenzatora Ct.



Slika 81. Ulazno kolo radio-prijemnika

Kliknite na glavni prekidač i pročitajte napone na voltmetrima. Pojačanje je A=U2/Ua=49,2/7,1=7, ili u decibelima A=20log(7)=16,9 dB.

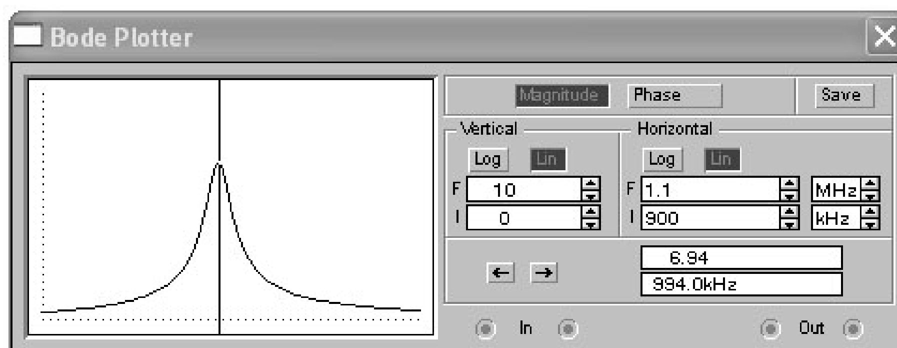
* **Granične učestanosti prijemnog područja.** Podesite C na maksimalnu kapacitivnost (na 100%). Menjajte učestanost generatora funkcija (od 500 kHz na više, po 1 kHz) dok ne ostvarite da je napon U2 maksimalan. Uestanost na kojoj se to ostvari je f_d (donja granična učestanost prijemnog područja. Podesite C na minimalnu kapacitivnost (na 5%, što odgovara minimalnoj kapacitivnosti od 12,5 pF). Menjajte učestanost generatora funkcija (oko 1,6 MHz) dok ponovo ne ostvarite da je napon U2 maksimalan. Učestanost na kojoj se to ostvari je f_g (gornja granična učestanost prijemnog područja).

* **Propusni opseg**. Obavićemo merenje širine propusnog opsega na uccestanosti 981 kHz. Podesimo učestanost generatora funkcija na 981 kHz. Menjanjem kapacitivnosti C (oko 23%) i Ct (oko 44%) podesi se rezonancija koja se konstatuje maksimalnim naponom na voltmetru "U2". Pročitamo U2 i izračunamo 0,7·U2. Pažljivo povećavamo učestanost generatora dok se napon na "U2" ne smanji na 0,7·U2. Učestanost f_1 na kojoj je to otvareno je gornja granična učestanost propusnog opsega. Propusni opseg je B=2·(f_1–1 MHz). (Trebalo bi da dobijete oko B=14 kHz).

* **Selektivnost po susednoj stanici**. Podesimo učestanost generatora na 981 kHz. Menjanjem C i Ct ostvarimo rezonanciju. Pročitamo napon na "U2", to je U21. Povećamo uccestanost generatora na 990 kHz i pročitamo napon na "U2", to je U22. Selektivnost po susednoj stanici (po susednom kanalu) je s=20log(U22/U21).

* Selektivnost po simetričnoj stanici (f_m=455 kHz). Podesimo učestanost generatora na 981 kHz. Menjanjem C i Ct ostvarimo rezonanciju. Pročitamo napon na "U2", to je U21. Povećamo učestanost generatora na $f_{ss}=f_s+2f_m$=1891 kHz i pročitamo napon na "U2", to je U22. Selektivnost po simetričnoj stanici (po simetričnom kanalu) je s=20log(U22/U21).

*** Merenja opisana u prethodne tri tačke se vrše na opisani način u laboratorijama u kojima su na raspolaganju samo generator funkcija i elektronski voltmetar. Mnogo brže, ona se obavljaju pomoću plotera. Priključite ploter u kolo, IN na levi kraj Ca, OUT na gornji kraj "U2". Podesite vrednosti kao na slici 82 i kliknite na glavni prekidač. Na ekranu je kriva linija koja predstavlja pojačanje kola kada je rezonantna učestanosti podešena na 994 kHz. Rezonantno pojačanje je 6,94 dB. Kliknite na Analysis/Display Graphs, uvećajte sliku, pozovite kursore pa izmerite rezonantno pojačanje, selektivnost po susednoj stanici, propusni opseg itd.



Slika 82. Pojačanje ulaznog kola

Zatvorite prozor *Analysis Graphs* i posmatrajte krivu na ekranu plotera. Menjajte kapacitivnost C pa, posle svake promene, isključite i ponovo uključite glavni prekidač. Zapazite kako se kriva pomera udesno (kad smanjujete C) ili ulevo (kad povećavate C). Izmerite širinu prijemnog područja.

9.14. Amplitudska modulacija

Amplitudska modulacija (AM) je postupak kojim se ostvaruje da se amplituda visokofrekventnog signla, koji se naziva nosilac, menja u skladu sa trenutnom vrednošću informacije koja se prenosi a koja se naziva modulišući signal.

Matematički izraz za AM (amplitudski modulisan) signal u slučaju kada modulaciju vrši prostoperiodični signal je:

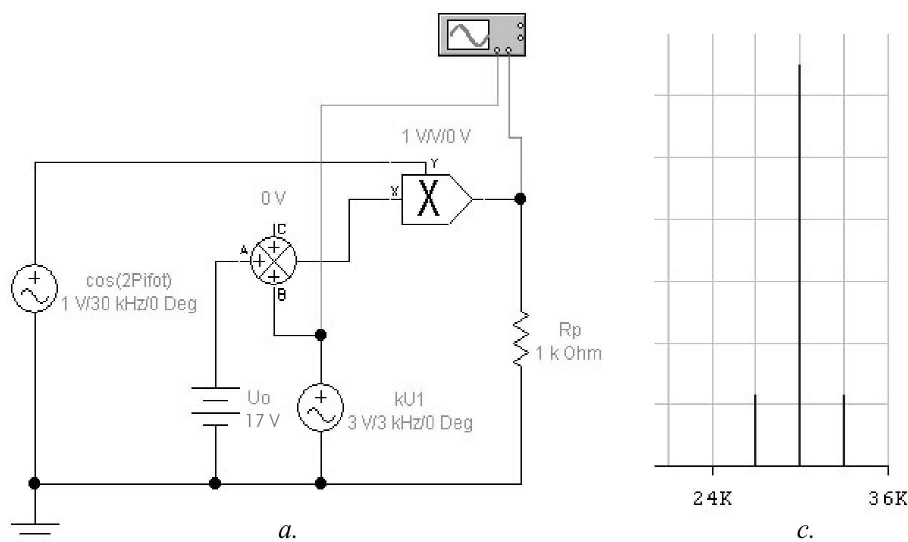
$$u_{AM} \quad [U_O \quad kU_1 \cos(2\ f_1 t)]\ \cos(2\ f_O t),$$

u kome je:

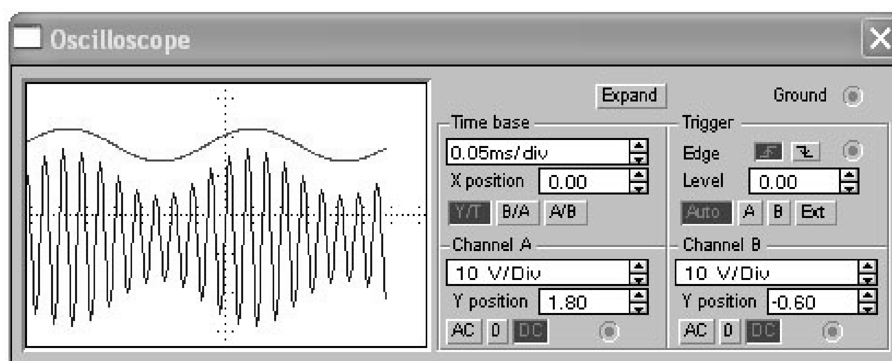
u_{AM} - AM (amplitudski modulisan) signal
U_0 - amplituda nosioca
k - koeficijent proporcionalnosti čija veličina zavisi od vrste modulatora
U_1 - amplituda modulišućeg signala
f_1 - učestanost modulišućeg signala
f_0- učestanost nosioca

Kao što se vidi iz ovog izraza, AM signal se dobija tako što se prvo saberu U_0 i modulišući signal, a zatim se taj zbir pomnoži sa cos(2 f_0t). To se, prema šemi na slici 83, ostvaruje pomoću sabirača i umnožača.

Kliknite na glavni prekidač, i na ekarnu osciloskopa će se pojaviti amplitudski modulisan signal: napon učestanosti f_0=30 kHz čija se amplituda menja u skladu sa trenutnom vrednošću signala informacije učestanosti f_1=3 kHz (slika 83-b). Zaustavite sliku, proširite sliku osciloskopa i izmerite dubinu modulacije (*m*).



a. *c.*



b.

Slika 83. Amplitudska modulacija: a - šema veza b - talasni oblici signala (gore - modulišući signal, dole - AM signal), c - spektar AM signala

Po teoriji, AM signal sa slike 83-b ima tri komponente: nosilac i dve bočne komponente. Amplituda nosioca je 17 V, a učestanost 30 kHz. Amplitude bočnih komponenata su $m \cdot 17V/2$, a učestanosti 27 kHz i 33 kHz. Proverite da li je to tačno, izvršite Furijeovu analizu. Kliknite na Circuit/*Schematic/Options/Show-Hide* i čekirajte *Show nodes* i pogledajte broj čvora na uzlazu umnožača. Sada kliknite na

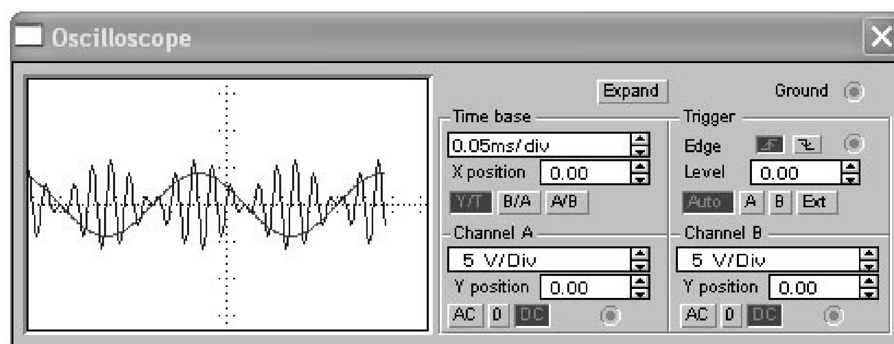
Analysis/Fourier pa unesite redni broj čvora, *Fundamental frequency*=3 kHz, *Number of harmonics*=12 i kliknite na *Simulate*. Dok trepnete, na ekranu se pojavljuje *Analysis Graphs*. Proširite ovu sliku i kliknite na *Toggle Grid*. Na ekranu bi trebalo da je poznata slika čiji je deo prikazan na slici 83-c.

Pozovite vertikalne kursore pa izmerite učestanosti i amplitude komponenata. Proverite koliko ste tačno izmerili dubinu modulacije.

Zatorite prozor *Analysis Graphs* pa eksperimentišite sa veličinama učestanosti i amplituda. Vežite na red sa kU1 još jedan generator, recimo 5V/1kHz. Podesite osciloskop.

Vratite se na sliku 83: kliknite na *File/Revert to Saved/OK*. Obrišite generator Uo: kliknite na njega pa na dugme *Delete* na tastaturi i na dugme *Yes*. Kliknite na glavni prekidač, pa na osciloskopu, čiju je osetljivost u oba kanala treba podesiti na *5V/Div*, a *Y position* na 0,00, pogledajte kako izgleda DSB (ili AM-2BO) signal, slika 84.

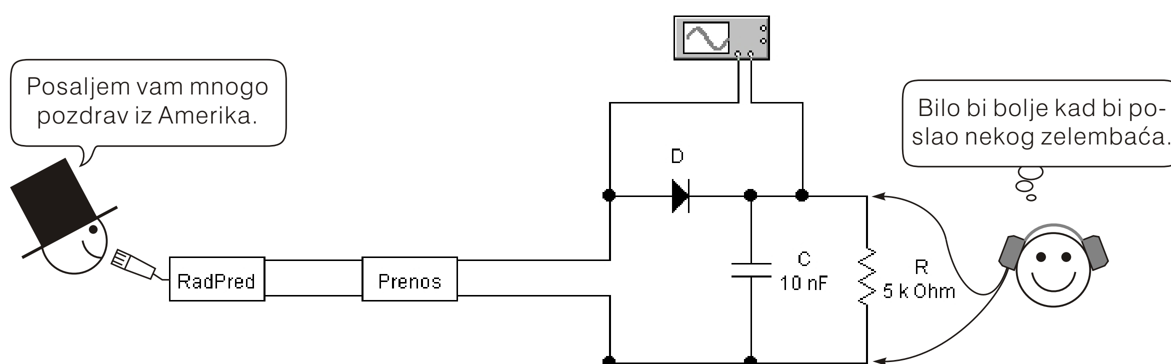
Izvršite Furijeovu analizu i uverite se da ovaj signal ima samo dve bočne komponente.



Slika 84. AM-2BO signal

9.15. Detekcija AM signala

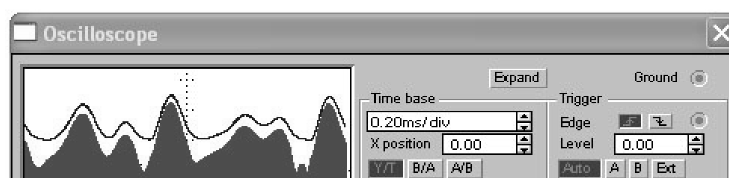
Detekcija (demodulacija) je postupak kojim se, na mestu prijema, iz AM signala izdvaja informacija odnosno signal kojim se na mestu predaje vrši modulacija. Na slici 85 je prikazana jedna kompletna radio-veza. "RadPred" je AM radio-predajnik koji emituje na nosećoj učestanosti od 700 kHz, a prenosi NF složeni signal. Blok "Prenos" imitira predajnu antenu, elektromagnetni talas koji stvara predajna antena, prijemnu antenu i VF deo radio-prijemnika. Germanijumska dioda

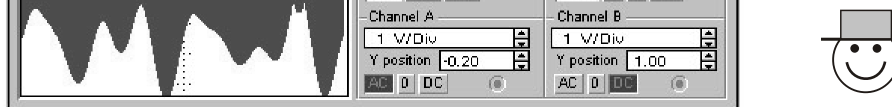


Slika 85. Redni diodni detektor

D, kondenzator C i otpornik R predstavljaju redni diodni detektor. Ako bi umesto otpornika bile visokoomske slušalice, u njima bi se čuo program stanice na koju je podešen VF deo prijemnika.

Kliknite na glavni prekidač i posmatrajte oblike ulaznog i izlaznog signala detektora, slika 86. Eksperimentišite: okrenite diodu, menjajte vrednosti C, R, učestanost radio-predajnika itd. i sl.

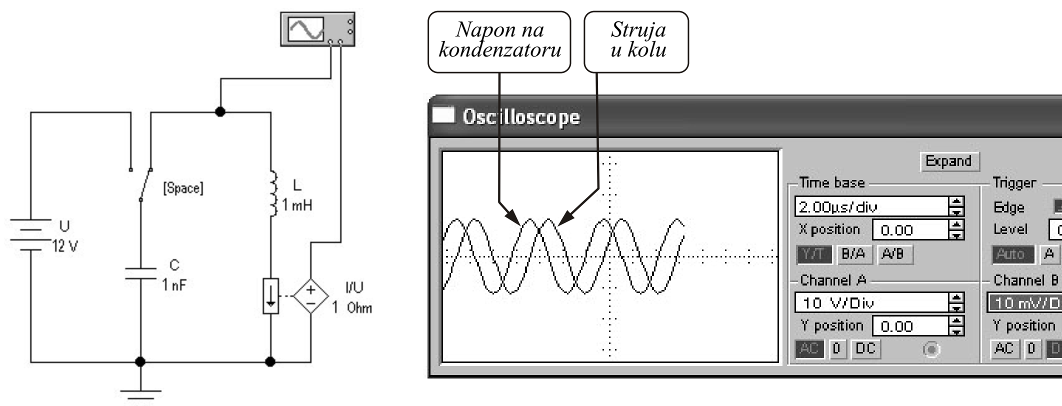




Slika 86. Talasni oblici signala na slici 85: gore - NF signal na izlazu detektora, dole - AM signal na ulazu detektora

9.16. Oscilacije u prostom oscilatornom kolu

Ovo je najlepši primer o mogućnostima EWB-a da rešava i takve probleme kao što je pretvaranje energije električnog polja kondenzatora u energiju magnetnog polja kalema i obrnuto. Kada je preklopnik na slici 87 u levom položaju, kondenzator se napuni i njegova energija je E_C=0,5·CU^2. Kad se preklopnik prebaci u desni položaj, kondenzator stvara struju kroz kalem pa se napon na njemu, a time i njegova energija smanjuju. Ali, energija kalema raste i, kada se kondenzator potpuno isprazni,



Slika 87. Oscilacije u prostom oscilatornom kolu

struja kroz kalem je maksimalna (I_m) i njegova energija je E_L=0,5·LI_m^2 . Sad je sva energija u magnetnom polju. Pošto je kondenzator prazan, struja počinje da se smanjuje, ali i dalje teče u istom, smeru pa se kondenzator puni u suprotnom smeru i napon na njemu postaje negativan u odnosu na masu. Posle izvesnog vremena, struja opadne na nulu. U tom trenutku energija kalema je jednaka nuli, napon na kondenzatoru je –U, a njegova energija ponovo E_C=0,5·CU^2. Kondenzator ponovo počinje da se prazni ali sada struja teče u suprotnom smeru. Energija kalema se povećava itd. Kao što se vidi, napon na kondenzatoru se neprekidno menja, raste, opada, raste itd. U kolu su se javile oscilacije. Učestanost oscilovanja se računa po čuvenom Tomsonovom obrascu:

$$f \quad \frac{1}{2 \quad \sqrt{LC}}.$$

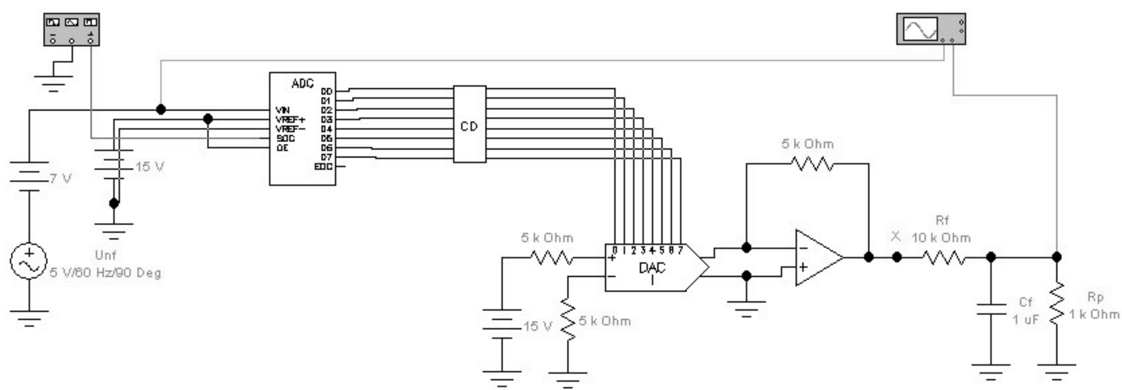
Izračunajte učestanost oscilovanja kola sa slike 87 pa kliknite na glavni prekidač, dugme *Pause* i *Expand*, na sredinu prečage ispod ekrana osciloskopa. Pomoću vertikalnih kursora, izmerite periodu napona i izračunajte učestanost (f=1/T) i uporedite sa već izračunatom vrednošću.

Ubacite na red sa kalemom otpornik, recimo R=1 , pa posmatrajte kako se oscilacije gase, zbog termičkih gubitaka energije. Zaustavite sliku, proširite osciloskop, vratite se na početak oscilacija, putujte kroz vreme i posmatrajte kako se amplituda smanjuje. Probajte sa R=10 pa sa 100 itd. Probajte i sa R=1 k može da se vidi.

9.17. CD

Ovaj primer ilustruje rad analogno-digitalnih (ADC) i digitalno-analognih (DAC) konvertora u procesu digitalnog snimanja zvuka na CD i reprodukcije sa CD-a. Čitaoce koje ovaj proces zanima detaljnije upućujemo na knjigu "Audiotehnika" za treći razred elektrotehničke škole, autora Miomira Filipovića, u izdanju Zavoda za udžbenike i nastavna sredstva iz Beograda.

Na slici 88, generator Unf imitira mikrofon i pojačavač. Na membranu mikrofona deluje prost ton učestanosti 60 Hz pa se na izlazu pojačavača dobija prostoperiodični signal 5V/60 Hz. Generator 7V obezbeđuje da je signal koji se digitalizuje stalno pozitivan, čime se postupak uprošćava, jer nema negativnih brojeva. Generator funkcija stvara četvrtasti signal pomoću koga se uzimaju uzorci signala koji se snima. Uzorci se u ADC-u pretvaraju u binarne reči i snimaju na CD. Pri reprodukciji, binarne reči se, pomoću DAC-a, pretvaraju u odgovarajuće pozitivne napona. Njih možete da vidite ako plavu sondu osciloskopa prebacite u



Slika 88. ADC i DAC u procesu digitalnog snimanja i reprodukcije zvuka

tačku X, i smanjite osetljivost kanala B. Snimljeni NF signal se dobija na izlazu NF filtra koji obrazuju Rf i Cf. Rp je ulazna otpornost pojačavača na koji se vodi NF signal.

Eksperimentišite. Menjajte učestanost uzimanja uzoraka (Sampling rate) i zapazite kako se to odražava na kvalitet snimka. Prebacite plavu sondu na pojedine izlaze ADC-a, eksperimentišite sa veličinama jednosmernih napona itd.

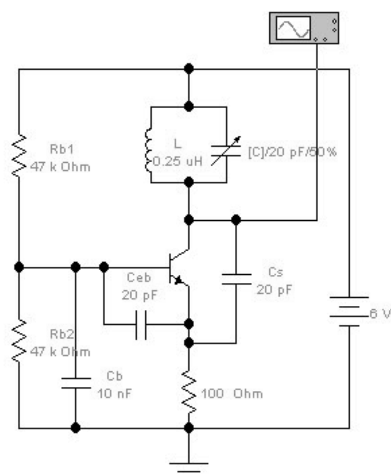
9.18. UKT oscilator

Na slici 89 je električna šema oscilatora koji radio-amateri često koriste u minijaturnim radio-predajnicima, poznatim kao bežični mikrofoni, špijun-bube i sl. Ovi predajnici rade na učestanosti u radio-difuznom području od 88 MHz do 108 MHz, što omogućuje da se na mestu prijema koristi kućni FM radio-prijemnik.

Učestanost oscilatora je jednaka rezonantnoj učestanosti paralelnog oscilatornog kola koje obrazuju kalem L i kondenzator $C_{ekv.}$ Kapacitivnost ovog kondenzatora je:

$$C_{ekv.} \quad C \quad \frac{C_s \quad C_{eb}}{C_s \quad C_{eb}}.$$

Sa vrednostima kao na slici, ova kapacitivnost je C_{ekv}=20 pF. Primenom Tomsonovog obrasca dobija se da je f_0=71 MHz, što pokazuje i osciloskop. Smanjivanjem kapacitivnosti C, učestanost se povećava i podešava na neku slobodnu učestanost u opsegu od 88 MHz do 108 MHz, na koju je podešen radio-prijemnik.



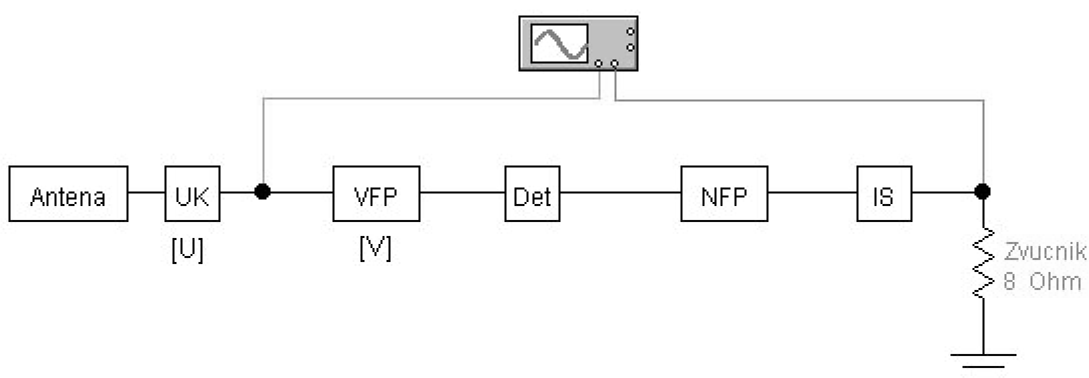
Slika 89. UKT oscilator

O praktičnoj realizaciji većeg broja amaterskih radio-predajnika u kojima se koristi ovaj oscilator možete da se informišete u "Praktičnoj ELEKTRONICI 4"



9.19. Direktni AM radio-prijemnik

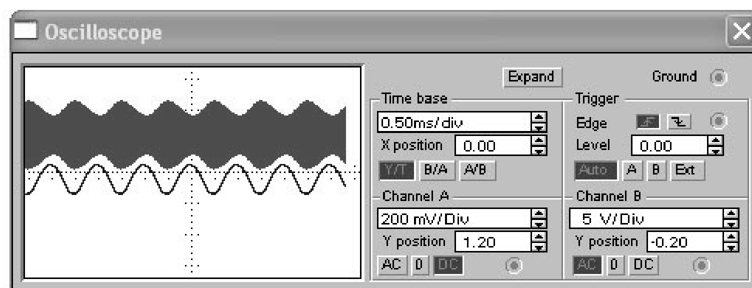
Na slici 90 je blok-šema srednjetalasnog radio-prijemnika sa neposrednim (direktnim) pojačanjem. Blok "Antena" imitira prijemnu antenu u kojoj postoje AM signali stvoreni pod dejstvom elektromagnetnih polja tri ST radio-predajnika koji emituju na ucestanostima 684 kHz, 796 kHz i 850 kHz. Kliknite dva puta na



Slika 90. Blok-šema direktnog AM prijemnika

"Antenu" pa pomoću osciloskopa pogledajte oblike ovih signala. Podešavanje prijemnika na drugu stanicu se vrši menjanjem kapacitiv-nosti promenljivih kondenzatora u UK i VFP.

Kliknite na glavni prekidac i na ekranu osciloskopa posmatrajte oblike signla na izlazu ulaznog kola (gore na slici 91) i na zvucniku (dole na slici 91).



Slika 91. Talasni oblici signala sa slike 90

Premeštajte sonde, podešavajte osciloskop i pratite signal od antene do zvučnika.

Pogledajte šta je u svakom od blokova, kliknite dva puta na njih.

Izmerite selektivnost i osetljivost prijemnika za slučajeve kada je prijemnik podešen na svaku od tri stanice.

Izmerite pojačanja svih stepena prijemnika.

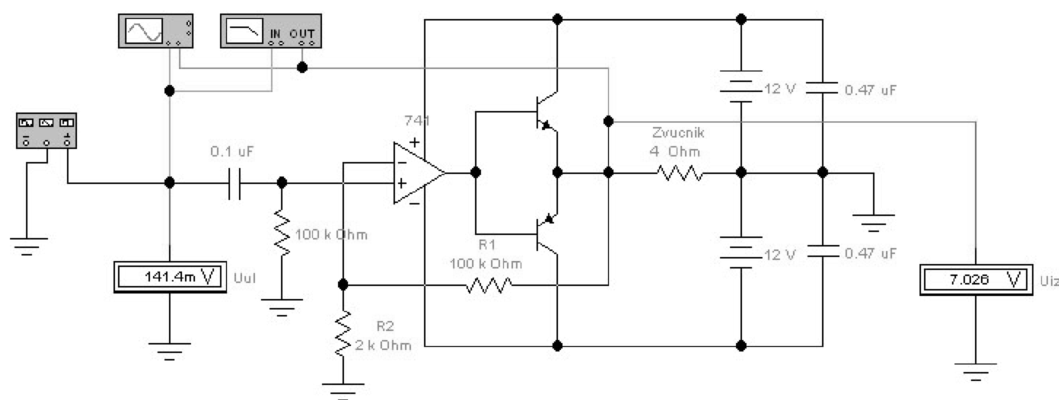
Pogledajte šta je u svakom od blokova, kliknite dva puta na njih.

9.20. Audio-pojačavač

Ovaj primer je namenjen ljubiteljima audio-tehnike. Na slici 92 je audio-pojačavač sa komplementarnim tranzistorima na izlazu.

Izmerite ukupno pojačanje struje (trebalo bi da je oko 1,13 miliona), pojačanje napona (oko 50 ili 34 dB), pojačanje snage (oko 56 miliona). Izmerite pojačanje samo izlaznog stepena (0,89) i samo operacionog pojačavača (56).

Pojačanje napona je dato izrazom A=(R1+R2)/R1. Sa vrednostima kao na na slici ono je A=51. Inače, preko otpornika R1 i R2 se ostvaruje negativna reakcija, koja smanjuje pojačanje ali, u istoj meri, smanjuej izobličenja i proširuje propusni opseg. Izmerite pomoću plotera donju i gornju graničnu učestanost. Povećajte R2, recimo na 4 k , pa iskljičite i ponovo uključite glavni prekidač i na ploteru proverite da li se pojačanje smanjilo a propusni opseg proširio.



Slika 92. Audio-pojačavač

Izvršite Furijeovu analizu i izmerite THD za obe navedene vrednosti R2.

Izmerite maksimalnu izlazni snagu sa baterrijama kao na slici pa sa baterijma većih napona itd. itd.

Filipović D. Miomir

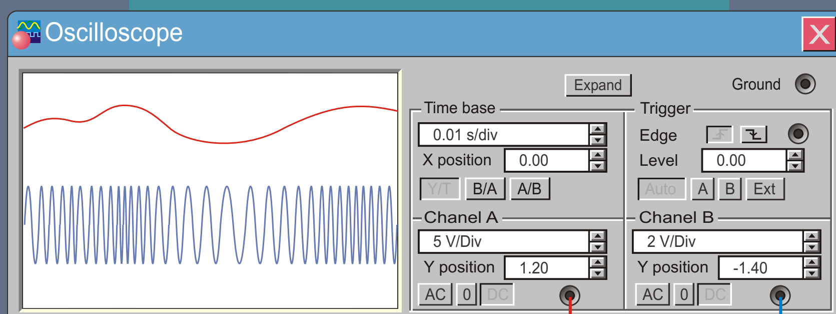
Sa više stotina primera sa komentarima i uputstvima iz
Osnova elektrotehnike
Analogne elektronike
Digitalne elektronike
Osnova telekomunikacija
Radio-prijemnika
Audiotehnike
itd.

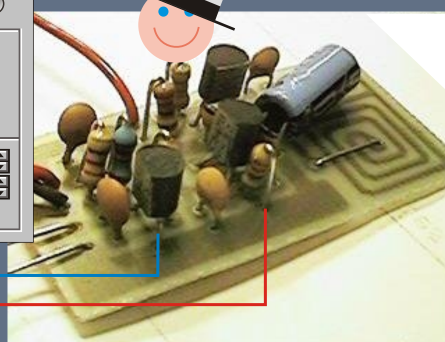
Electronics Workbench

radni sto za elektroniku

Od ideje do električne šeme elektronskog uređaja

Kliknite na dugme Expand





* analogna i digitalna elektronska kola
* crtanje električne šeme
* priključivanje instrumenata
* analize: DC, AC, tranzijentna, Furijeova
* merenje napona, struje, učestanosti, pojačanja, izobličenja ......

Prednja korica verzije knjige za štampu



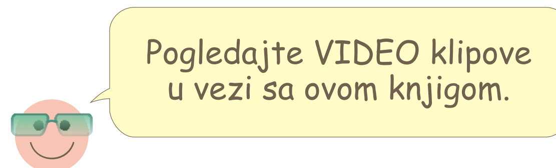
Electronics Workbench (radni sto za elektroniku) je program za analizu električnih i elektronskih kola, koji korisnicima omogućuje da, pre nego što se upuste u praktičnu realizaciju nekog uređaja, izvrše kompjutersku analizu tog uređaja, provere kako on radi, da li su njegove karakteristike onakve kakve se očekuju na osnovu prethodnih teorijskih razmatranja i proračuna i, ako je potrebno, izvrše korekcije električne šeme i vrednosti upotrebljenih komponenata.

U folderu PE10/PRIMERI dat je veliki broj primera, sa komentarima i uputstvima, iz više oblasti elektrotehnike, koji omogućuju čitaocima, naročito učenicima srednjih škola i studentima, da provere, prošire i učvrste svoja znanja, počev od Omovog zakona pa sve do digitalnih telekomunikacija.



Zadnja korica verzije knjige za štampu





9. *P*E9 - Electronics Workbench

PE9a - Electronics Workbench za deset minuta
https://youtu.be/gMRJBiCkDYA

PE9b - Crtanje električne šeme u EWB-u
https://youtu.be/lXy1AFlLm4M